

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Programa Universitario de Investigación en Salud

Informe final

“Evaluación de actividad antioxidante y desarrollo de formulaciones cosméticas a base de subproductos de café provenientes de Santa Rosa Guatemala”

Equipo de investigación

Sully Margot Cruz Velásquez

María Nereida Marroquín Tintí
Silvia Alejandra Pinales Tobar
Mónica Michelle Ramos Medina

Guatemala, 29 de enero de 2020

Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas

Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera
Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

Dra. Hilda Valencia de Abril
Coordinador del Programa de Investigación en Salud

Dra. Sully Margot Cruz Velásquez
Coordinador del proyecto

MSc. María Nereida Marroquín Tintí
Investigadora

Silvia Alejandra Pinales Tobar
Auxiliar de investigación I

Mónica Michelle Ramos Medina
Auxiliar de investigación I

Otros colaboradores
Armando Cáceres Estrada

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, 2019. El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada por la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la Partida Presupuestaria 4.8.63.1.91. durante el año 2019 en el Programa Universitario de Investigación en Salud

Financiamiento aprobado por Digi: 2019 Financiamiento ejecutado: 228,876.16

Índice

1. Resumen	1
2. Palabras clave	1
3. Abstract and keyword	1
4. Introducción	2
5. Planteamiento del problema	4
6. Preguntas de investigación	6
7. Delimitación en tiempo y espacio	6
8. Marco teórico	7
9. Estado del arte	10
10. Objetivo general	14
11. Objetivos específicos	14
12. Hipótesis (si aplica)	14
13. Materiales y métodos	14
14. Vinculación, difusión y divulgación	22
15. Resultados	23
16. Análisis y discusión de resultados	32
17. Conclusiones	37
18. Impacto esperado	38
19. Referencias	39

Índice de tablas

Número	Nombre de la tabla	Página
Tabla 1	Cantidad de muestra y porcentaje de humedad	24
Tabla 2	Determinación del porcentaje de cenizas totales y ácidas insoluble	24
Tabla 3	Determinación del porcentaje de sólidos totales	25
Tabla 4	Rendimiento de extracción y marcadores químicos en subproductos de café	26
Tabla 5	Actividad antioxidante de extractos etanólicos de subproductos de café	26
Tabla 6	Azúcares totales presentes en subproductos de café	27
Tabla 7	Porcentaje de azúcares en extractos etanólicos de subproductos de café	27
Tabla 8	Fórmula cualitativa de crema fotoprotectora	29
Tabla 9	Fórmula cualitativa de gel	29
Tabla 10	Factor de protección solar en productos cosméticos	29
Tabla 11	Estudio de estabilidad de la crema a base de extractos de grano de cuarta de café al 1%	30
Tabla 12	Estudio de estabilidad de la crema a base de extracto de hojas de café al 1%	30
Tabla 13	Estudio de estabilidad de la crema a base de extracto xinga de café al 1%	31
Tabla 14	Control microbiológico de cremas elaboradas con extractos de subproductos de café	31

Índice de figuras

Número	Nombre de la figura	Página
Figura 1	Factor de protección solar de extractos etanólicos de subproductos de café	28
Figura 2	Evaluación de la estabilidad de factor de protección solar con respecto al tiempo	32
Figura 3	Determinación de la concentración de ácido clorogénico en las cremas en base a extractos de subproductos de café	32
Figura 4	Estudio de estabilidad de las formulaciones respecto al porcentaje de variación de ácido clorogénico	33

“Evaluación de actividad antioxidante y desarrollo de formulaciones cosméticas a base de subproductos de café provenientes de Santa Rosa Guatemala”

1. Resumen

Los subproductos de café son múltiples, tales como hojas, pulpa, cáscara, pergamino, granos defectuosos o de cuarta categoría, y residuo de percolación. Estos subproductos han surgido como posibles ingredientes en formulaciones cosméticas, por su composición química y por ser fuente de antioxidantes. Se colectaron subproductos de café producido orgánicamente proveniente de Santa Rosa Guatemala, con el objetivo de caracterizar la composición química, evaluar la actividad antioxidante y desarrollar formulaciones cosméticas, se realizaron extractos etanólicos con rendimientos muy promisorios (55 % en cáscara y 30 % en granos defectuosos). Se demostró que los extractos de granos defectuosos presentaron la mejor actividad antioxidante por DPPH (CI₅₀ de 0.844 mg/mL, IC 95% [0.843,0.846]), ABTS (CI₅₀ de 1.82 mg/mL, IC 95% [1.58, 2.07]), FRAP (1.02 g de Fe⁺²/g de extracto), la cual tiene relación con su contenido de fenoles totales (83.32 µg ácido gálico/g de extracto) y ácido clorogénico (1.83 %), y se evidenció que la concentración de cafeína (1.14 %) es similar al grano de primera. La cáscara presentó el mayor porcentaje (10.70 %) de azúcares. Se formularon cremas con extractos de residuo de percolación, granos defectuosos y hojas evidenciándose un factor de protección solar arriba de 20, pudiendo constituir un valioso aporte para la industria cosmética y contribuir a mejorar la rentabilidad del cultivo.

2. Palabras clave: fotoprotector, crema, ácido clorogénico, estabilidad

3. Abstract and keyword

Coffee by products are multiple, such as leaves, defective coffee seeds, pulp, peel, and residue. These by products have emerged as possible active ingredients in cosmetic formulations since they are a source of antioxidants. In this study coffee by products from Santa Rosa Guatemala were collected, in order to characterize the chemical compositions, evaluate the antioxidant activity and develop cosmetic formulations, ethanol extracts were made with very promising yields (55 % in the peel and 30% in defective coffee seeds). Defective coffee seeds extracts were shown to have the best antioxidant activity by DPPH (IC₅₀ 0.844 mg/mL, IC 95% [0.843,0.846]), ABTS (IC₅₀ 1.82 mg/mL IC 95% [1.58, 2.07]),

FRAP (1.02 g of Fe⁺²/g of extract), which correlates with total phenolic content (83.32 µg gallic acid / g of extract) and chlorogenic acid (1.83%), and it was evidenced that the concentration of caffeine (1.14%) showed no difference with respect to the first seeds coffee. The peel had the highest percentage (10.70%) of sugars. Creams were formulated with extracts of residue, defective seeds and leaves, showing an SPF above 20, which could be a valuable contribution to the cosmetic industry and contribute to improving the profitability of the crop.

Key Word: photoprotector, cream, chlorogenic acid, stability.

4. Introducción

El café ha sido consumido tradicionalmente como bebida estimulante, considerado como uno de los productos alimenticios más comercializados en todo el mundo. El consumo de dicha especie está creciendo, ya que está muy arraigado en los hábitos culturales de muchos países, por lo que sigue en aumento la importación y exportación (Galanakis, 2017).

Coffea arabica L. y *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner var robusta son las especies más cultivadas, especialmente en los países localizados en la América Latina, Asia meridional, India y África (Barbulova et al., 2015).

Muchos productos cosméticos que contienen café verde, subproductos o compuestos aislados se han utilizado para mejorar la piel, especialmente para evitar el envejecimiento, ya que los lípidos y polifenoles ayudan a regenerar el estrato córneo, permiten la reestructuración de la barrera cutánea por sus propiedades emolientes y protegen del daño causado por la radiación UVB (Chiari et al., 2014; Pereda et al., 2009; Savian, Varella, Athayde, & Silva, 2011; Wagemaker, Carvalho, Maia, Baggio, & Guerreiro, 2011; Wagemaker, Fernandes, Campos, Rodrigues, & Rijo, 2012;). Una nueva tendencia en formulaciones cosméticas es el uso de ingredientes obtenidos a partir de subproductos alimenticios, respondiendo a preocupaciones de sostenibilidad. Además de la bioactividad, los productos naturales son, en general, considerados no dañinos para los seres humanos, adecuados para ser utilizados en una amplia gama de aplicaciones y, la mayoría de las veces, se obtienen de fuentes reutilizables (Martó et al., 2016).

La diversidad de productos a base de café está aumentando por los efectos beneficiosos para la salud. Durante la cosecha y proceso del café, se genera una gran cantidad de material de desecho lo cual no es aprovechado, además de contribuir a la contaminación del ambiente. Los residuos y subproductos de café son ricos en compuestos bioactivos, como antioxidantes, cafeína y ácidos grasos, siendo un desafío proponer nuevas aplicaciones finales. En particular, el campo de los cosméticos puede beneficiarse de estos materiales restantes, ya que esos compuestos bioactivos pueden cumplir una función y actividad benéfica en la piel. Sin embargo, cuestiones como la seguridad, la experimentación animal, la permeabilidad de la piel y la eficacia son aspectos importantes a considerar en el desarrollo de nuevos productos cosméticos que utilizan estos subproductos agroindustriales.

Los estudios sobre subproductos revelan un buen perfil de compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes. Estos residuos agroindustriales, después de su valorización, pueden ser utilizados por otras industrias como la farmacéutica, alimentaria o cosmética, reduciendo los costos de contaminación y mejorando la sostenibilidad social, económica y ambiental (Braga, Rodrigues, & Oliveira, 2015).

A diferencia de otros subproductos alimenticios, en el campo de los subproductos del café se han logrado avances muy importantes a nivel mundial, ya que diferentes grupos de investigación están desarrollando formulaciones cosméticas con estos residuos como ingredientes activos, y evaluando su seguridad y eficacia in vivo, es por ello que siendo Guatemala un productor de café, se debe evaluar la actividad biológica y aprovechar los subproductos de este importante cultivo, en este caso con valor agregado.

Más allá de los beneficios terapéuticos y cosméticos de los compuestos bioactivos identificados en los desechos de café, deben garantizarse la seguridad, la estabilidad y la calidad de las formulaciones tópicas desarrolladas. Es por ello que se deben realizar estudios que demuestren la efectividad de los productos. Debido a la sensibilidad de los compuestos naturales a factores ambientales, como la luz o el oxígeno, se pueden utilizar nuevas tecnologías para mejorar su estabilidad, evitar incompatibilidades, reducir el olor de

los compuestos y controlar su liberación. (Jung, Everson, Joshi, Bulsara, Upasani, & Clarke, 2016).

Es por ello que se evaluó la actividad antioxidante de extractos de pulpa, cascarilla o pergamino, café plateado (silverskin), granos inmaduros o defectuosos y residuo de café proveniente de Santa Rosa, se cuantificará el ácido clorogénico y polifenoles, se determinó el factor de protección solar de los extractos por técnicas in vitro y se seleccionó el extracto que presentó la mejor actividad para la formulación de un producto cosmético. Con el objetivo de darle un valor agregado y explorar el potencial de los subproductos del café.

5. Planteamiento del problema

El consumo mundial de café genera grandes cantidades de subproductos. Sin embargo, el uso de estos desechos para la alimentación animal no ha sido posible debido a la presencia de factores antifisiológicos y antinutricionales, como los taninos y la cafeína. En la industrialización del café se genera gran cantidad de desechos que pueden ocasionar contaminación en agua, aire y suelo. Por ejemplo, las descargas de aguas residuales constituyen focos de vectores y la acumulación de residuos altera la calidad del aire (Alfaro & Rodríguez, 1994; Corro, Paniagua, Pal, Bañuelos, & Rosas, 2013). Se estima que solo el 5% de la biomasa generada se utiliza en la elaboración de la bebida. El porcentaje restante son residuos o subproductos tales como hojas, ramas, tallos, frutos verdes, borra y pulpa (representa el 44% del fruto fresco).

Esta problemática ha ocasionado la búsqueda de usos alternativos de estos subproductos, con el fin de minimizar el impacto ambiental. Se han empleado la pulpa y la cáscara como fertilizante y compost (Murthy & Madhava, 2012). Se ha estudiado la pulpa del café como sustituto en los concentrados para ganado lechero hasta en un 20%, lo que representa un 30% de ahorro en el costo de alimentación (Fonseca, Calderón & Rivera, 2014). Se ha evaluado el uso de los subproductos del café como fuente de energía renovable por ejemplo, la pulpa y el mucilago en la producción de biogas y bioetanol, y el pergamino como combustible (Saenger, Hartge, Werther, Ogada & Siagi, 2001; Valencia & Zambrano, 2010). Se ha reportado la

pulpa como sustrato rico en azúcares fermentables, para la producción de enzimas, ácidos orgánicos y champiñones (Murthy & Madhava, 2012). En los últimos años se ha sugerido el uso de los subproductos del café como fuente promisoría de sustancias químicas funcionales y bioactivas para la industria alimenticia y farmacéutica, como los polifenoles y la cafeína (Esquivel & Jiménez, 2012). Puertas-Mejía y colaboradores (2013) demostraron que la borra del café, un residuo obtenido del café molido después de la preparación de la bebida, presenta capacidad atrapadora de radicales libres e identificaron los ácidos clorogénico, isoclorogénico y feruloilquínico y Arellano González (2009) reportó la capacidad antioxidante de los ácidos hidroxicinámicos obtenidos de la pulpa de café.

El café silverskin, café molido, cáscaras de café y granos de café inmaduros o defectuosos, así como los subproductos industriales del procesamiento de café, tienen un uso potencial en formulaciones para el cuidado de la piel, basado en su alto contenido de compuestos bioactivos. Por otro lado, teniendo en cuenta que la esperanza de vida ha aumentado en los países desarrollados, también la preocupación por la apariencia y vitalidad de la piel, por lo que la demanda de cosméticos con ingredientes naturales es más frecuente y representa un desafío para la economía y la sociedad.

El extracto de café silverskin se ha utilizado en la producción de bebidas antioxidantes para la prevención de la acumulación de grasa (Martínez-Saez et al., 2014). La utilización de los subproductos de café obtenidos en condiciones conocidas de procesamiento y de cultivo podría permitir desarrollar un producto valioso y reproducible.

Teniendo en cuenta el gran consumo de esta bebida, y dado que más del 50% de la fruta del café no se utiliza para la producción de café y se descarta durante el procesamiento (Esquivel & Jiménez, 2012), caracterizar estos subproductos por su contenido de bioenergéticos podría ser una estrategia prometedora para la recuperación futura, o en el contexto de diseño de productos cosméticos, lo cual vendría a darle una manejo sostenible a los desechos dándole un valor para comercializar y beneficiar al sector cafetalero, industria y población guatemalteca ya que existen pocos estudios que aborden su uso en aplicaciones rentables.

La aplicación de residuos de café en bioprocesos e industria cosmética reduciría los costos de tratamiento de residuos, así como la contaminación ambiental, proporcionaría materia prima alternativa y produciría compuestos y productos económicamente importantes.

6. Preguntas de investigación

¿Cuál de los extractos obtenidos de los subproductos y residuo de café presentan una mayor actividad antioxidante y un factor de protección solar para el desarrollo de una formulación cosmética?

¿Es posible la incorporación de extractos de algún subproducto o residuo de café en una formulación cosmética?

¿Es posible desarrollar un producto estable y eficaz a base de algún subproducto o residuo de café para su aplicación cosmética?

7. Delimitación en tiempo y espacio

Delimitación en tiempo:

El estudio se realizó de febrero a diciembre, se realizaron los extractos por percolación, pruebas de actividad antioxidante y determinación del factor de protección solar, para seleccionar el extracto que presentó la mejor actividad para el diseño de la formulación, el cual se evaluaron las características fisicoquímicas, microbiológicas y estabilidad.

Delimitación espacial:

Los subproductos y residuo de café fueron colectados en la finca Santa Isabel ubicada en Santa Rosa, se seleccionó dicha procedencia ya que en un estudio previo evaluando 8 regiones, se determinó que dicha procedencia, el grano de café presentaba la mejor actividad antioxidante.

El estudio químico, evaluación de actividad antioxidante, determinación del factor de protección solar, y diseño de formulación se realizó en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales.

8. Marco teórico

Las especies de *Coffea* crecen en áreas tropicales y subtropicales, especialmente en la región ecuatorial a una altitud de 200-1,200 msnm y de 18-22°C, pero se ha alcanzado un rango de 1,300 a 1,600 msnm identificado como una altitud óptima para el café (Tesfaye, Govers, Bekele, & Borsch, 2013). El fruto del café consiste en una capa fina exterior o pericarpio, usualmente verde en frutos inmaduros pero que luego se torna rojo-violeta o rojo intenso cuando madura. El pericarpio cubre la pulpa o la capa externa del mesocarpio que es amarillento, fibroso y dulce. Seguidamente del pericarpio hay una capa delgada, traslucida, viscosa y muy hidratada de mucílago, internamente hay un pequeño endocarpio amarillento llamado pergamino. Finalmente se encuentra la piel de plata, conocida como silveskin o cascarilla de café cubriendo cada hemisferio de los granos de café (endospermo) (Esquivel & Jiménez, 2012).

La droga oficial es la semilla (semen *Coffeae*) que contiene 1.25-2.5% de cafeína (granos tostados: 1.36-2.85%), teobromina, teofilina, ácido clorogénico 4.4-7.5% (granos tostados: 0.3-0.6%), 0.8-1.25% trigonelina (granos tostados: 0.3- 0.6%), 0.022% de colina, 10-16% de aceite graso, ácido quínico, sitosterol, dihidrositosterina, estigmasterol, coffeasterina, tanino, cera, ácido caféico, azúcar, celulosa, hemicelulosa, no volátil ácidos alifáticos (ácidos cítrico, málico y oxálico), ácidos volátiles (acético, propanoico, butanoico, isovalérico, hexanoico y decanoico), carbohidratos solubles (monosacáridos: fructosa, glucosa, galactosa y arabinosa), oligosacáridos: sacarosa, rafinosa y estaquiosa, y polímeros de galactosa, manosa, arabinosa y glucosa. La concentración de cafeína, que se presenta parcialmente en forma libre o forma sal con ácido clorogénico, se reduce durante el tostado (Fattorusso & Scafati, 2008).

Los aceites extraídos de granos de café verdes y tostado de *C. arabica* son fuentes de compuestos bioactivos como ésteres diterpénicos, ácidos grasos y materia insaponificable

con propiedades biológicas como antioxidantes (Alvarez & Rodriguez, 2000; Athar & Nasir, 2005). El ácido clorogénico ha sido objeto de investigaciones en los cuales ha resaltado la actividad antioxidante entre otros efectos beneficiosos (Farah, 2009; Scalbert, Johnson, & Saltmarsh, 2005). Por esa razón se ha tratado de identificar cultivares de *C. arabica* que puedan ofrecer calidad y alto contenido de ácido clorogénico (Monteiro & Farah, 2012).

El café es la bebida funcional consumida con mayor frecuencia (Mussatto, Machado, Martins, & Teixeira, 2011). Según la Organización Internacional del Café (ICO, 2014), la producción mundial de café durante 2013 se estimó en más de 145 millones de sacos de 60 kg. Por lo tanto, se generan grandes cantidades de residuos durante el procesamiento del café. Entre estos residuos, la pulpa de café es el principal residuo obtenido durante el procesamiento húmedo y semiseco y representa 29% de peso seco de la baya entera (Murthy & Madhava, 2012). En semitratamiento seco, la pulpa de la fruta que cubre las semillas es eliminada por un despulpador, luego, el mucílago que recubre los granos se lava antes de secarse (Esquivel & Jiménez, 2012; Navia et al., 2011). La pulpa de café es esencialmente rico en azúcares, proteínas, minerales y también contiene cantidades apreciables de taninos, polifenoles y cafeína, considerados tóxicos por naturaleza (Pandey, Soccol, Nigam, Brand, Mohan, & Roussos, 2000). El agua utilizada para despulpar y demucilar cerezas se conoce como aguas residuales de café y tiene altas concentraciones de contaminantes orgánicos (Haddis & Devi, 2008). Los residuos de la industria del café representan un grave problema ambiental para los países productores de café, causando contaminación del agua y la tierra (Murthy & Madhava, 2012).

El principal subproducto de café, cuyo potencial ha sido estudiado con mayor frecuencia, es el residuo de café molido, la mayoría de los estudios publicados se han centrado en el uso para producir bioetanol (Choi, Wi, Kim, & Bae, 2012). Este residuo está compuesto principalmente por carbohidratos tales como manosa (46.8%), galactosa (30.4%), glucosa (19%), arabinosa (3.8%) y proteínas (13.6%). Además de proteínas y carbohidratos, diferentes minerales como potasio (3,549.0 mg/kg), fósforo (1,475.1 mg/kg), magnesio (1,293.3 mg/kg), calcio (777.4 mg/kg), hierro (118.7 mg/kg), manganeso (40.1 mg/kg), cobre (32.3 mg/kg) y zinc (15.1 mg/kg) (Mussatto, Carneiro, Silva, Roberto, & Teixeira, 2011b).

Se ha reportado que la pulpa de cereza de café es una fuente potencial de antioxidantes y compuestos fenólicos que no deben ser desperdiciados. La pulpa de la cereza y los granos de café contienen componentes similares. El enfoque para valorizar los subproductos alimenticios se ha descrito para otros subproductos agrícolas como el café plateado (Martinez-Saez et al., 2014).

Los productos para la protección de la piel, como los protectores solares y antioxidantes, deben destacarse en el campo de la salud, ya que podrían prevenir daños y efectos dañinos para la piel, incluidos los cánceres causados por la radiación UV y el desequilibrio intracelular entre los radicales libres (función en la etiología de las enfermedades humanas y el envejecimiento es bien conocido) (Matsui et al., 2009). La exposición crónica a la radiación UV es el factor más importante para trastornos de la piel tales como arrugas, escamas, sequedad y anomalías del pigmento moteado (Nichols & Katiyar, 2010). Por lo tanto, el papel de los antioxidantes basados en la eliminación de las especies reactivas del oxígeno y la supresión de la tasa de reacciones oxidativas (Devasagayam, Tilak, Bloor, Sane, Ghaskadbi, & Lele, 2004), es una propiedad importante para los productos en el cuidado de la salud.

Los filtros solares normalmente se basan en productos químicos sintéticos con alta capacidad de absorción de luz solar en la región de espectro UVB (320-290 nm) y UVA (400-320 nm). La reducción de la concentración de dichos químicos en formulaciones cosméticas es una estrategia para mejorar su uso seguro, sin afectar sus propiedades.

Además de la bioactividad, los productos naturales son, en general, no dañinos para los humanos, se pueden usar en una amplia gama de productos y se obtienen de fuentes renovables. Sin embargo, pocos estudios se encuentran en la literatura sobre investigación clínica, sustancias funcionales, concentración y el efecto combinado de estos antioxidantes y protectores solares sintéticos (Matsui et al., 2009). De hecho, los subproductos de la fotodegradación UV de protectores solares sintéticos son motivo de preocupación desde hace más de una década (Butt & Christensen, 2000). Por lo tanto, está creciendo el interés de los productos naturales como agentes activos en los protectores solares (Matsui et al., 2009). Por ejemplo, algunos extractos de plantas tales como extractos de té, luteína, tamarindo (Matsui

et al., 2009), propóleo (Gregoris, Fabris, Bertelle, Grassato, & Stevanato, 2011), *Passiflora incarnata* L. y *Plantago lanceolata* L. (Velasco, Sarruf, Salgado-Santos, Haroutionian-Filho, Kaneko, & Baby, 2008) y otros (Matsui et al., 2009), se ha reportado que protegen la piel contra el daño inducido por la radiación UV.

En este contexto, el café, el aceite de café verde y algunos subproductos se han presentado como posibles candidatos para reemplazar a los productos químicos sintéticos en las pantallas solares, como una rica fuente de antioxidantes y polifenoles (Iwai, Kishimoto, Kakino, Mochida & Fujita, 2004). Además de la fotoprotección la industria cosmética ha estado impulsando explorar productos naturales a partir de fuentes renovables para formulaciones bioactivas e innovadoras. El café representa uno de los productos más importantes en la economía global (Naidu, Sulochanamma, Sampathu, & Srinivas, 2008) por lo cual puede manejarse de mejor manera los subproductos dándole una utilidad con aplicación cosmética y mejora de la salud.

9. Estado del arte

El café presenta un interés creciente en la actualidad debido a los compuestos bioactivos de diversa naturaleza, que comprenden las distintas partes que lo componen. En los países productores de café, los residuos y sub-productos del café constituyen una fuente de grave contaminación y problemas ambientales. Por ese motivo, desde mediados del siglo pasado se ha tratado de estudiar métodos para utilizarlos como materia prima para la producción de piensos, bebidas, vinagre, biogás, cafeína, pectina, enzimas pécticas, proteína y abono. El uso de la pulpa de café fresca o procesada ha sido tema de muchos estudios en los que, en general, se llega a la conclusión de que los residuos y sub-productos del café pueden usarse de varias maneras.

Dentro de los subproductos sólidos, la pulpa es la más voluminosa representa el 56% del volumen del fruto y el 40% del peso. La composición química de este residuo al sufrir un proceso de fermentación puede provocar que se formen cargas orgánicas de 20 kg por quintal oro procesado, esto como un desecho sólido no reutilizado. Se tiene la ventaja

que un gran porcentaje de caficultores la utilizan como abono orgánico o en forma de compostaje o bien como lombricompost.

El café plateado o silverskin es un tegumento de la capa externa del grano de café, el cual es un subproducto del proceso de tostado. Tiene un alto contenido de fibra dietética y capacidad antioxidante debido a la concentración de compuestos fenólicos (Murthy, & Naidu, 2012). Además, atrae la atención por sus altos contenidos de proteínas y cenizas, bajos contenidos de grasas y de carbohidratos (Borrelli, Esposito, Napolitano, Ritieni & Fogliano, 2004). Sin embargo, la presencia de material orgánico como celulosa, hemicelulosa, proteínas, grasa, polifenoles, minerales y melanoidinas por la reacción de Maillard, durante el proceso de tostado hace que dicho subproducto sea altamente contaminante, debido a la gran cantidad de oxígeno requerido para su desintegración. Sin embargo se ha demostrado en algunos estudios que puede utilizarse por sus propiedades nutricionales y funcionales (Jiménez-Zamora, Pastoriza, & Rufián-Henares, 2015). Estudios previos han propuesto el uso de extractos a base de café plateado como fuente natural de compuestos bioactivos como ácido clorogénico, cafeína, melanoidinas y fibra dietética. Se ha demostrado efecto antidiabético asociado inicialmente con su capacidad de inhibir la actividad enzimática de la α -glucosidasa y la lipasa (del Castillo, Fernandez, Martinez, Iriondo, Martirosyan, & Mesa., 2016).

La cascarilla de café o pergamino constituye el único subproducto del proceso de tostado que tras dicho tratamiento o bien se desecha o se utiliza como combustible o fertilizante (Machado, Rodriguez, Teixeira, & Mussatto, 2012). El pergamino suelto es un subproducto que representa alrededor del 4.5 o 5% del peso del fruto del café; no representa riesgo contaminante en el beneficio húmedo y es un valioso material que puede utilizarse como combustible sólido en el secado mecánico del café, genera aproximadamente 4,000 kcal/kg.

Estudios señalan la presencia de compuestos fenólicos en extractos de la cascarilla de café tostado obtenidos usando un disolvente orgánico como el isopropanol y que

presentan efectos en la reducción de las especies reactivas de oxígeno y los radicales libres y que podrían presentar actividad antimutagénica, anticarcinogénica, antiglicémica y antioxidante (Murthy & Naidu 2012).

Según diferentes autores, se compone principalmente de potasio y calcio (de Assuncao et al., 2012). Napolitano y colaboradores (2007) reportaron que el contenido de cafeína oscila entre 0.81% y 1.37%. Se han descrito otros compuestos bioactivos como ácido clorogénico, ácido caféico, ácido quínico y melanoidinas, entre otros con supuestos beneficios para la salud (Bresciani, Calani, Bruni, Bighenti, & Del Rio, 2014; Rodrigues et al., 2015; Sato et al., 2011). Diferentes grupos de investigación también han verificado el contenido de antioxidantes de la cascarilla de café (Borrelli, Esposito, Bresciani, Calani, Bruni, Grighenti, & Del Rio, 2014; Costa et al., 2014; Napolitano, Ritieni, & Fogliano, 2004; Narita & Inouye, 2012; Rodrigues et al., 2015b). Recientemente, Iriando-DeHond y colaboradores (2016) han mostrado resultados positivos utilizando el extracto de cascarilla de café para la protección del cuidado de la piel contra el estrés oxidativo y el envejecimiento acelerado inducido por la radiación UV.

Los residuos obtenidos después del tratamiento del café con agua caliente o vapor para extraer sustancias aromatizantes, se usan tradicionalmente en aplicaciones industriales, como la producción de biodiesel de alta calidad (Couto et al., 2009). Sin embargo, este subproducto del café contiene altas cantidades de compuestos bioactivos, como ácidos grasos, aminoácidos, compuestos fenólicos. Por lo tanto, debido al alto contenido de lípidos, particularmente ácidos grasos, los residuos también podrían encontrar una aplicación adecuada en productos cosméticos, donde pueden usarse como los principales componentes de la fase oleosa. Por otro lado, los residuos de café contienen altas cantidades de ácido clorogénico y compuestos relacionados (ácidos cafeoilquínicos, ácidos feruloilquínicos, ácidos *p*-cumaroilquínicos y diésteres mixtos de ácidos cafeico y ferúlico con ácido quínico). Estos compuestos están bien descritos como poderosos antioxidantes. Además, también se han evaluado las actividades antitumorales, antiinflamatorias y antialérgicas *in vitro*, con propiedades antioxidantes prometedoras, probablemente debido a la presencia de compuestos fenólicos y ácido clorogénico en

cantidades apreciables. Según Murthy & Naidu (2012), las cáscaras representan alrededor del 12% de la cereza sobre una base de peso seco. Este subproducto del café está compuesto principalmente por carbohidratos (58-85%), seguido de azúcares reductores (14%), proteínas (8-11%), taninos (~5%), minerales (3-7%), lípidos (0.5-3%) y cafeína (~1%). Diferentes autores han informado sobre la riqueza de los metabolitos secundarios, como la cafeína y los polifenoles en las cáscaras (Esquivel & Jiménez, 2012; Murthy & Naidu, 2012). De hecho, el ácido 5-O-cafeonilquínico es el principal compuesto fenólico, seguido de quercetin-3-O-rutinósido, quercetin-3-O-glucósido, quercetin-3-O-galactósido, (+)-catequina y (-)-epicatequina, dímeros, trímeros y tetrámeros de procianidina.

Actualmente, los granos inmaduros o defectuosos representan alrededor del 20% de la producción total de café; estos se separan de los granos no defectuosos antes de la venta. En granos de café defectuosos, el rendimiento de aceite varió de 10 al 12% (peso seco) (Galanakis, 2017). La composición de ácidos grasos del aceite no es significativamente diferente a la de los granos de café maduros, siendo los ácidos linoleico y palmítico los predominantes (con promedios del 44% y 34%, respectivamente), mientras que los ácidos mirístico y palmitoleico están presentes en cantidades traza. Estos subproductos de café también pueden ser una buena fuente de cafeína. Los granos de café de baja, son granos de café defectuosos obtenidos después de la graduación, tienen aproximadamente un 1.7% de cafeína, mientras que el café de las plantas arábica y las cerezas de robusta tienen un 1.6% y un 2.4%, respectivamente (Mazzafera, 1999). Además, el café verde de baja calidad presenta un alto contenido de compuesto fenólico total y ácido clorogénico. Estos granos se separan y se excluyen del procesamiento regular del café, ya que pueden conferir un sabor indeseable a la bebida. Por lo tanto, un cosmético obtenido del aceite extraído de los granos defectuosos es una alternativa que se debe considerar para mejorar el valor agregado de este subproducto.

Se han reportado estudios sobre formulaciones cosméticas y cosmeceúticas con extractos del fruto del café, que contiene ácido clorogénico (ACG), proantocianidinas condensadas y ácidos quínico y ferúlico, con resultados positivos para el cuidado de la piel (Esquivel & Jiménez, 2012). Por lo que este estudio puede representar un aporte en el

aprovechamiento de los subproductos del café guatemalteco con una aplicación en la cosmética.

10. Objetivo general.

10.1 Desarrollar una formulación a base los subproductos y residuo de café proveniente de Santa Rosa Guatemala para su aplicación cosmética.

11. Objetivos específicos

11.1 Evaluar la actividad antioxidante y factor de protección solar en extractos de subproductos de café proveniente de Santa Rosa, Guatemala.

11.2 Diseñar y desarrollar una formulación a base del extracto bioactivo de un subproducto de café para su aplicación cosmética.

11.3 Evaluar la estabilidad de una formulación a base del extracto bioactivo de un subproducto de café para su aplicación cosmética.

12. Hipótesis (si aplica).

La incorporación de extractos de al menos un subproducto de café intensifica la capacidad antioxidante y factor de protección solar en formulaciones cosméticas.

13. Materiales y métodos

13.1 Enfoque y tipo de investigación:

El enfoque de la investigación fue cuantitativo ya que se realizó la medición de la actividad antioxidante, el factor de protección solar, los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, y de estabilidad en las formulaciones a base de extractos de un subproducto de café. El tipo de investigación fue descriptiva con aplicación al campo de la dermocosmética.

13.2 Recolección de información:

Universo: Subproductos de café proveniente de la Finca Santa Isabel Santa Rosa Guatemala

Muestra: Extractos etanólicos de cinco subproductos de café. Se utilizaron 200 g de material seco de cada uno de los subproductos para realizar los extractos.

Se seleccionó la Finca de Santa Rosa, ya que es una finca de manejo orgánico con calidad de café de exportación y porque en estudios previos demostró un porcentaje importante de flavonoides y actividad antioxidante comparado con otras regiones evaluadas y se contó con la disponibilidad del material. Se realizó una extracción por el tiempo disponible para la ejecución del proyecto.

13.3 Método:

- 13.3.1 Obtención del material: Se colectaron a conveniencia 1 kg de cada subproducto sólido de café entre los cuales se mencionan, pulpa, cáscara o pergamino, café plateado (silverskin), granos inmaduros o defectuosos, y residuo de café molido proveniente de la Finca Santa Isabel, Santa Rosa. Se colectó una sola vez por el tiempo disponible para la ejecución del proyecto. El material obtenido se secó en un horno de convección de aire forzada a 40°C hasta obtener una humedad <10%. Posteriormente se realizó la molienda y tamizado del material para su posterior extracción.
- 13.3.2 Obtención del extracto: A partir de 200 g de material seco de cada uno de los subproductos se realizó un extracto por percolación empleando etanol al 70% y se concentró en rotaevaporador. Posteriormente se secaron en desecadora hasta obtener un extracto seco.
- 13.3.3 Cuantificación de fenoles totales: Se preparó una curva patrón con 4 mL de ácido gálico disuelto en agua (1:10) en concentraciones de 0.625-6.25 mg/mL. Se preparó un blanco con 4.0 mL de agua, 0.4 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu y 0.8 mL de Na₂CO₃ al 10%. Se prepararon dos tubos de muestra del extracto, en el primer tubo se agregó 3.95 mL de agua, 0.4 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu, 0.8 mL de Na₂CO₃ al 10% y 50 µL de muestra; al segundo tubo se agregó 3.90 mL de agua, 0.4 mL de reactivo Folin-Ciocalteu, 0.8 mL de Na₂CO₃ al 10% y 100 µL de

muestra. Se realizó la lectura en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 765 nm. La cantidad de fenoles totales es expresada como μg equivalentes de ácido gálico por mg de extracto, todas las muestras se realizaron por quintuplicado para obtener el promedio, desviación estándar y los intervalos de confianza (Monente, Ludwig, Irigoyen, de Peña, & Cid, 2015).

13.3.4 Determinación de ACG: Se pesó 1 g de café molido en un balón aforado de 100 mL y agregó 50 mL de agua caliente. Se colocó el balón en un baño de María por 60 min. Se enfrió a temperatura ambiente y aforó con agua destilada (alícuota de 10 mL del filtrado y aforar a 100 mL con agua destilada). Se determinó el espectro de la segunda derivada en la región ultravioleta de 200-400 nm. Se preparó una disolución patrón de ACG pesando exactamente 0.1 g de ácido 5-cafeoilquínico y aforó con agua destilada en un balón de 500 mL. Por cada dilución se prepararon disoluciones con una concentración de ACG de 10, 20, 30, 40, 50, 60 y 70 mg/mL y se determinó el espectro de la segunda derivada en la región UV de 200-400 nm. Construir una curva de calibración, graficando la magnitud de la segunda derivada en función de la concentración del ACG. Interpolar la magnitud de la segunda derivada en la curva de calibración, para calcular la concentración de ACG total en la muestra de café. El ensayo se realizó por quintuplicado para obtener promedio, desviación estándar y sus intervalos de confianza (Solís & Herrera, 2005).

13.3.5 Evaluación de la actividad antioxidante:

13.3.5.1 Método por CCF para evaluar la actividad atrapadora de radicales por DPPH: Se aplicó 10 μL de muestra y 5 μL del estándar antioxidante terc-butil-hidroquinona (TBHQ) en una placa cromatográfica de sílica gel 60F₂₅₄. Se colocó la placa en una cámara de vidrio saturada previamente con acetato de etilo:ácido acético:ácido fórmico:agua (100:11:11:26). Se secó y se asperjó con DPPH (1 mg/mL en metanol). Cada cromatografía se realizó por quintuplicado.

13.3.5.2 Método colorimétrico: DPPH es un radical libre utilizado para evaluar la actividad atrapadora de radicales de un compuesto o extracto vegetal. Se disolvieron 20 mg de extracto en 1 ml de metanol, se prepararon cinco diluciones de concentración de 4- 20 mg/mL. Posteriormente se preparó una serie de cuatro tubos de reacción por ensayo. Al primer tubo que es el blanco se le agregó 1 mL de una solución tampón de acetato y 2 mL de metanol. Al segundo tubo control, se le agregó 1 mL de tampón de acetato, 1.5 mL de metanol y 0.5 mL de solución metanólica de DPPH (0.0219 % p/v). Al tercer tubo, se le agregó 1 mL de tampón de acetato, 1.4 mL de metanol, 0.1 mL de extracto de la muestra y 0.5 mL de solución de DPPH. Al cuarto tubo, se le agregó 1 mL de tampón de acetato, 1.4 mL de metanol, 0.1 mL del extracto y 0.5 mL de solución de DPPH. Se agitó en vortex por 30 segundos e incubó a temperatura ambiente por 30 min. Se realizó la lectura de la absorbancia en un espectrofotómetro (517 nm) contra el blanco respectivo. La actividad antioxidante se expresó en términos de la concentración de inhibición al 50% (CI₅₀), que es la concentración del extracto requerida para disminuir un 50% la absorbancia de DPPH se expresa como mg/mL. Se realizó el ensayo por quintuplicado para cada una de las muestras, obteniendo así promedio, desviación estándar y los intervalos de confianza. (Vasco, Ruales, & Kamal-Eldin, 2008).

13.3.5.3 Determinación del poder reductor de hierro: Se disolvieron 20 mg de extracto en 1 mL de metanol. Se mezcló 1mL del extracto, 1mL de tampón de fosfato (0.2M, pH 6.6) y 1mL de ferrocianuro de potasio (1%) e incubó durante 20 min a 50°C. A la mezcla reaccionante, se adicionó 1mL de ácido tricloroacético (10% p/v) y centrifugó a 3000 rpm (10 min). Se mezcló 1.5 mL del sobrenadante de la solución, 1.5 mL de agua destilada y 0.375 mL de cloruro férrico (0.1%) y se midió la absorbancia a 700 nm. Se realizó cada muestra por quintuplicado para obtener los promedios, desviación estándar, intervalo de confianza, los resultados se expresaron como µg de Fe (II)/g de extracto. Para ello se construyó una recta patrón con disoluciones de concentración conocida de FeSO₄, comprendidas entre 0.2 y 10 mM (Kosem, Han, & Moongkarndi, 2007).

13.3.5.4 Decoloración del radical catiónico del reactivo ácido 2,2'-azinobis-(ácido-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS): El procedimiento se basó en lo descrito por Vasco et al., (2008) con algunas modificaciones. Se preparó el catión ABTS⁺ con la mezcla de la solución ABTS (7mM) y la solución de persulfato de potasio (2.45mM) con 18 h previas de incubación. Luego se diluyó en etanol al 95% (1:30) a manera de obtener una absorbancia (Abs) de (0.70 ± 0.2) en una lectura en el espectrofotómetro a 734 nm. La solución madre se preparó a partir de 0.1 g de extracto seco y 5 mL de metanol, de esta solución se prepararon cinco diluciones de concentración de 0.2 a 1 mg/mL, se incubó durante 30 min a temperatura de 30°C. La dilución del extracto (3 µL) se mezcló con 3 mL de la solución de ABTS. Se leyó la absorbancia en el espectrofotómetro a 734 nm en el minuto 1, 4 y 6 de cada dilución del extracto. Los resultados se expresan en mg/mL, ya que representa la concentración de solución de Trolox que tiene la misma capacidad antioxidante que el extracto. El ensayo se realizó por quintuplicado para obtener promedio, desviación estándar e intervalo de confianza.

13.3.6 Evaluación de factor de protección solar

Se realizó un barrido para determinar la longitud de onda máxima de los extractos utilizando un espectrofotómetro Agilent 8453. También se determinó el espectro de absorción UV, realizando un barrido entre las longitudes de onda de 250 a 400 nm, para los productos formulados a diferentes concentraciones.

El factor de protección solar de los extractos elaborados, se calculó según la fórmula y constantes teóricas proporcionadas por la Asociación Europea de Cosmética; en el cual se describe el método validado para la determinación del factor de protección solar de productos elaborados para este fin.

$$\text{SPF}_{in vitro} = \frac{\int_{\lambda=290nm}^{\lambda=400nm} E(\lambda) * I(\lambda) * d\lambda}{\int_{\lambda=290nm}^{\lambda=400nm} E(\lambda) * I(\lambda) * 10^{-A_0(\lambda)} * d\lambda}$$

En donde:

E: *Erythema action spectrum* ó acción eritematosa según el espectro. Dato proporcionado por el apéndice I del documento antes mencionado.

I: *Spectral Irradiance of the UV source* ó Radiación espectral de la lámpara UV. Dato proporcionado por el apéndice II del documento.

$A_0\lambda$: *Monochromatic absorbance measurements per plate of the test product before UV exposure* ó medida de la absorbancia monocromática por plato de la muestra que no ha sido expuesta a radiación UV. Datos que varían de una muestra a otra.

$d\lambda$: *Wavelength step* (1nm) o medida de la longitud de onda a un nanómetro.

13.3.7 Elaboración del producto fitocosmético (Sharapin, 2000).

Se realizaron dos formulaciones un gel (carbopol y trietanolamina) y la formulación de una crema de base compuesta por una fase oleosa: monoesterato de glicérido (autoemulsificante), alcohol cetílico, vaselina. Una fase acuosa: metil parabeno, propielenglicol y trietanolamina para ajustar el pH 7 ± 0.5 .

Se evaluaron sus propiedades organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas (Coliformes totales, *Escherichia coli*, Hongos y levaduras, *Pseudomonas aeruginosa*) y se seleccionaron las formulaciones que presentaron las mejores características.

Se realizó un estudio de estabilidad acelerada, empleando una cámara de estabilidad, se fijaron las condiciones establecidas por el Reglamento Técnico

Centroamericano, para determinar qué producto presentaba las mejores características para su desarrollo, se consideró inestable cuando el ácido clorogénico disminuyó el 10% de su concentración inicial (Velasco et al., 2008).

13.4 Para investigación cuantitativa:

Se realizaron todas las pruebas por quintuplicado para cada muestra del extracto para obtener promedios, desviación estándar e intervalo de confianza. Para la cuantificación de fenoles totales, se realizó la determinación en el extracto etanólico de cada muestra, realizando por quintuplicado el ensayo para realizar el promedio del cálculo obtenido en cada medición para expresar el resultado como μg equivalentes de ácido gálico/mg de extracto.

Para la determinación del ACG se realizaron cinco repeticiones del ensayo para cada extracto expresando los resultados en concentración (mg/mL) de ACG presente en cada g de extracto.

Para la actividad antioxidante ABTS y DPPH, se determinó la concentración inhibitoria media (CI 50) expresado en mg/mL para cada g de extracto que inhibe el 50% del radical libre. Se utilizaron cinco diluciones del extracto y se realizó cada ensayo por quintuplicado.

Para la actividad reductora de hierro se determinaron los μg de Fe (II)/ g de extracto, el ensayo se realizó por quintuplicado para cada extracto.

Para la determinación del factor de protección solar se realizaron cinco repeticiones de cada extracto.

Para la formulación se realizaron cinco repeticiones del extracto seleccionado y se evaluaron las propiedades organolépticas, fisicoquímicas, microbiológicas y estabilidad acelerada.

13.5 Técnicas e instrumentos:

Técnica: Se realizó la medición de las muestras de acuerdo a criterios y especificaciones establecidas en los métodos para la actividad antioxidante, determinación del factor de protección solar y para la caracterización química se

determinaron los marcadores químicos más importantes descritos para el café (polifenoles, ACG).

Instrumento: La información se recolectó de acuerdo a los procedimientos y técnicas establecidos en los métodos, para la extracción se emplearon equipos tales como percolador, rotaevaporador, para la actividad antioxidante se utilizaron equipo como espectrofotómetro y lector de placas, para la caracterización química, se utilizaron disolventes, reactivos específicos para cada prueba y equipo espectrofotómetro para las mediciones cuantitativas. Para la formulación se utilizaron materias primas para cremas y geles, mezclador, agitador, viscosímetro, cámara de estabilidad.

13.6 Operacionalización de las variables o unidades de análisis:

Objetivos específicos	Variables	Medición
Evaluar la actividad antioxidante y factor de protección solar en extractos de subproductos de café proveniente de Santa Rosa, Guatemala.	Subproductos de café (pulpa, cascarilla o pergamino, café plateado silverskin, café defectuoso o inmaduro, residuo de café) Extractos Actividad antioxidante Factor de protección solar	Actividad antioxidante: Concentración inhibitoria media (CI50) para DPPH y ABTS, expresada en mg/mL. Para la prueba de FRAP se expresa como μg de Fe (II)/g de extracto Fenoles totales μg equivalentes de ácido gálico/mg de extracto ACG expresado en porcentaje Factor de Protección solar in vitro de acuerdo a la fórmula obtenida por la lectura a dos longitudes de onda.
Diseñar y desarrollar una formulación a base del extracto bioactivo de un subproducto de café para su aplicación cosmética.	Formulaciones tipo crema y gel	Se evaluaron las propiedades organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas.

Evaluar la estabilidad de una formulación a base del extracto bioactivo de un subproducto de café para su aplicación cosmética.	Formulación de un subproducto	Se evaluaron las propiedades organolépticas, fisicoquímicas y factor de protección solar, ACG hasta disminuir el 10% de su concentración inicial.
---	-------------------------------	---

13.7 Procesamiento y análisis de la información:

Los datos obtenidos se ordenaron en tablas. Se tabularon los promedios de cinco repeticiones en cada uno de los ensayos y se estimó la desviación estándar e intervalos de confianza, calculados por el programa Excel de Office 2010.

Para el cálculo de la concentración inhibitoria media (CI₅₀) de la actividad antioxidante DPPH, ABTS y FRAP se realizó mediante regresión lineal empleando cinco diluciones de la muestra, blanco y estándar.

Se realizó un análisis de varianza para establecer si existen diferencias entre cada extracto de los subproductos de café para seleccionar el extracto con mejor actividad antioxidante, composición química en base a fenoles y ACG y mayor factor de protección solar para elaboración de productos cosméticos.

14. Vinculación, difusión y divulgación

Se establecieron vínculos con Asociación Nacional de café (Anacafé), la Asociación de reservas naturales privadas, Finca Santa Isabel, Laboratorio de Productos Naturales Farmaya.

Se presentaron los resultados de la investigación del proyecto DIGI “Evaluación de actividad antioxidante y detección de marcadores químicos en extractos de hojas y granos de siete variedades de café comercializadas en Guatemala” ejecutado en el 2018 y la importancia de la continuidad de este proyecto en el XXIV Simposio Latinoamericano de Caficultura, en el XI Encuentro de conservación voluntaria en tierras individuales y comunitarias y en el 9th International Phytocosmetics and Phytotherapy Congress.

15. Productos, hallazgos, conocimientos o resultados:

Se recolectó de 0.3-1.2 kg de material fresco de subproductos de café entre los cuales se seleccionaron cáscara, pulpa, pergamino, xinga de granos de primera y granos defectuosos denominados de cuarta, los cuales no cumplen con la calidad deseada y en su mayoría son descartados. Según se muestra en la Tabla 1 se recibieron materiales con alta humedad como el caso de cáscara y xinga los cuales superaron el 50% de humedad, posteriormente se realizó el secado hasta obtener una humedad final menor al 10%.

Tabla 1
Cantidad de muestra obtenida y porcentaje de humedad

Subproducto	Peso en fresco (kg)	Peso en seco (kg)	Humedad inicial (%)	Humedad final (%)
Cáscara	1.2	1.0	59.46	4.99
Pulpa	0.3	0.2	12.32	6.77
Pergamino	1.3	1.1	10.55	5.56
Xinga 1era	0.8	0.6	48.68	6.21
Grano de 4ta	0.9	0.9	5.19	5.19

En la Tabla 2 se muestran los resultados del porcentaje de cenizas totales y cenizas ácidas observándose la mayor cantidad en pulpa (9.5 y 1.4%) respectivamente, la menor cantidad de cenizas totales y ácidas lo presentó la xinga (1.1 y 0.2%).

Tabla 2
Determinación del porcentaje de cenizas totales y ácidas insoluble

Subproducto	Cenizas totales (%)	Cenizas ácidas insolubles (%)
Cáscara	6.4 (0.2)	0.8 (0.1)
Pulpa	9.5 (0.3)	1.4 (0.2)
Pergamino	1.5 (0.1)	0.4 (0.05)
Xinga 1era	1.1 (0.1)	0.2 (0.08)
Grano de 4ta	4.1 (0.1)	0.5 (0.07)

Se realizó la prueba de sólidos totales para determinar la concentración de alcohol que extrajera la mayor cantidad de sólidos expresada en porcentaje, para lo cual se utilizaron diferentes grados alcohólicos al 30°, 50°, 70° y 90°, obteniéndose el mayor porcentaje de sólidos en etanol al 70° para la cáscara y pergamino, etanol al 50° para xinga y etanol al 30° para pulpa y grano de cuarta. Se observó que el mayor porcentaje de sólidos se presentó en la muestra de cáscara, según se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3
Determinación del porcentaje de sólidos totales

Subproducto	Sólidos totales (%)			
	30°	50°	70°	90°
Cáscara	2.24	1.82	2.34	0.75
Pulpa	0.92	0.88	0.52	0.07
Pergamino	0.01	0.02	0.03	0.02
Xinga 1era	0.18	0.23	0.15	0.17
Grano 4ta	1.30	0.94	0.91	0.19

En la Tabla 4 se muestran los rendimientos de extractos etanólicos de los subproductos observándose que la cáscara presentó el mayor porcentaje de rendimiento (55%) seguido de los granos de cuarta (30.9%), lo cual demuestra la rentabilidad que podrían tener los extractos. Se realizó la cuantificación de ácido clorogénico y cafeína observándose que la mayor cantidad lo presentó los granos de cuarta (1.83%) seguido de la xinga obtenida de granos de primera (1.48%), mientras que el porcentaje de cafeína fue mayor en el pergamino (1.22%) seguido de granos de cuarta (1.14%).

En el análisis de varianza se obtuvo un valor de $p < .05$ por lo que se considera que si hay diferencia significativa en las medias de los subproductos analizados respecto al ácido clorogénico y cafeína. Al realizar la prueba de Tukey se evidencia que las medias presentan una diferencia estadísticamente significativa entre las muestras de cada subproducto.

Tabla 4
Rendimiento de extracción y marcadores químicos en subproductos de café

Subproducto	Rendimiento (%)	ACG en droga vegetal (%) [*]	ACG en extracto (%)	Cafeína (%) [*]
Cáscara	55.0	0.446 (0.002) ^a	0.102 (0.005) ^a	0.211 (0.001) ^a
Pulpa	19.8	0.421 (0.001) ^b	0.368 (0.003) ^b	0.710 (0.01) ^b
Pergamino	1.3	0.198 (0.001) ^c	0.712 (0.009) ^c	1.220 (0.01) ^c
Xinga 1era	8.5	1.480 (0.01) ^d	2.554 (0.039) ^d	0.430 (0.001) ^d
Grano de 4ta	30.9	1.830 (0.01) ^e	1.860 (0.015) ^e	1.140 (0.01) ^e

Los valores representan promedio y desviación estándar de cinco repeticiones. ^{*}Las letras diferentes indican $p < .05$ (Prueba de Tukey)

Respecto a la evaluación de actividad antioxidante se evaluaron cuatro métodos, determinándose la CI₅₀, por DPPH y ABTS demostrando actividad antioxidante principalmente en el grano de cuarta (0.844 y 1.82 mg/mL), el cual presentó la mayor cantidad de fenoles totales y la mayor reducción de hierro confirmando así su actividad por los métodos evaluados. Al

realizar el análisis de varianza para la cuantificación de fenoles totales se presentó un valor de $p < .05$, la prueba de Tukey evidenció que, si existe diferencia estadísticamente significativa entre la cáscara, los granos de cuarta y la xinga mientras que pulpa y pergamino no muestran diferencias entre sí, lo que se confirma con la prueba de reducción hierro el cual presenta la misma tendencia, según se observa en la Tabla 5.

Tabla 5

Actividad antioxidante de extractos etanólicos de subproductos de café

Región	DPPH		ABTS	Fenoles Totales	FRAP
	CCF*	CI ₅₀ [IC 95%]	CI ₅₀ [IC 95%]	µg ácido gálico/g de extracto**	g Fe ⁺² /g de extracto**
Cáscara	++	13.03 [12.61, 13.45]	13.97 [13.79, 14.15]	7.92 (0.23) ^a	0.68 (0.04) ^a
Pulpa	++	1.030 [0.943, 1.117]	3.97 [3.84, 4.06]	41.39 (1.12) ^b	0.47 (0.01) ^b
Pergamino	++	3.074 [3.028, 3.121]	2.11 [2.09, 2.14]	41.48 (1.21) ^b	0.45 (0.001) ^b
Xinga 1era	++	1.030 [1.018, 1.042]	2.96 [2.89, 3.04]	44.56 (1.27) ^c	0.59 (0.01) ^c
Grano de 4ta	++	0.844 [0.843, 0.846]	1.82 [1.58, 2.07]	83.32 (2.23) ^d	1.02 (0.04) ^d
Quercetina	+++	0.0749 [0.0745, 0.0752]	0.114 [0.1129, 0.1143]		66.03 (7.08)
Trolox	+++	0.1145 [0.1140, 0.1154]	0.273 [0.2721, 0.2731]		23.19 (1.58)
TBHQ	+++	0.1147 [0.1141, 0.1153]	0.199 [0.1985, 0.1999]		36.57 (1.74)
Vitamina C	+++	0.0876 [0.0783, 0.0969]	0.020 [0.1999, 0.2008]		30.75 (1.88)

* Cromatografía en Capa Fina, (+++) Muy buena actividad, (++) Buena actividad, (+) Leve actividad, (-) Sin actividad;

DPPH = 1,1-difenil-2picrilhidrazilo; ABTS = 2,2'-azinobis-(ácido-3etilbenzotiazolina-6-sulfónico);

FT = Fenoles Totales; FRAP = Reducción de hierro, CI₅₀ = Concentración inhibitoria media

** Las letras diferentes indican $p < .05$ (Prueba de Tukey)

Se realizó la cuantificación de azúcares totales evidenciándose el mayor porcentaje en la cáscara (10.70%), la cual presentó la mayor cantidad de galactosa y maltosa, en el caso de la

pulpa presentó la mayor cantidad de trialosa, mientras que el pergamino presentó xilosa, la xinga y el grano de cuarta maltosa, según se muestra en la Tabla 6 y 7.

Tabla 6
Azúcares totales presentes en subproductos de café

Subproducto	Azúcares totales (%)
Cáscara	10.70 (0.28) ^a
Pulpa	1.85 (0.04) ^b
Pergamino	3.09 (0.04) ^c
Xinga 1era	2.03 (0.03) ^d
Grano de 4ta	3.18 (0.05) ^e

*Promedio y desviación estándar

Tabla 7
*Porcentaje de azúcares en extractos etanólicos de subproductos de café (p/v)**

* Promedio y desviación estándar.

Subproducto	Fructosa	Galactosa	Maltosa	Sucrosa	Trialosa	Lactosa	Dextrosa	Xilosa	Ramnosa
Cáscara	0.57 (0.02)	2.87 (0.06)	3.12 (0.07)	0.37 (0.01)	1.43 (0.03)	0.65 (0.02)	0.47 (0.02)	1.02 (0.03)	0.20 (0.02)
Pulpa	0.09 (0.03)	0.49 (0.09)	0.55 (0.01)	0.06 (0.01)	0.24 (0.04)	0.11 (0.02)	0.08 (0.02)	0.17 (0.04)	0.03 (0.04)
Pergamino	0.17 (0.03)	0.81 (0.01)	0.89 (0.01)	0.11 (0.002)	0.40 (0.05)	0.18 (0.02)	0.14 (0.03)	0.29 (0.04)	0.08 (0.04)
Xinga 1era	0.09 (0.02)	0.54 (0.07)	0.59 (0.08)	0.07 (0.001)	0.27 (0.03)	0.12 (0.02)	0.09 (0.02)	0.19 (0.03)	0.05 (0.04)
Grano de 4ta	0.19 (0.06)	0.86 (0.01)	0.92 (0.01)	0.11 (0.02)	0.43 (0.05)	0.19 (0.03)	0.13 (0.03)	0.30 (0.05)	0.03 (0.04)

Al realizar la curva a cinco concentraciones para determinar el factor de protección solar (FPS) se determinó que existe una relación dependiente de la concentración, ya que se pudo observar que conforme aumenta la concentración el FPS aumenta. En base a las diferentes curvas se pudo determinar que el extracto con mayor actividad fotoprotectora lo presentó el grano de cuarta ya que a menor concentración se obtuvo un FPS arriba de 8, mientras que el extracto de pulpa a la mayor concentración presentó un FPS de 6 (Figura 1).

Por lo que se decidió formular una crema y un gel a base de xinga, grano de cuarta y hoja (Tabla 8 y 9) al realizar las pruebas se determinó que se expresa un mayor FPS en las cremas empleando una concentración de 1% del extracto en la formulación obteniéndose FPS mayores a 20 según se muestra en la tabla 10.

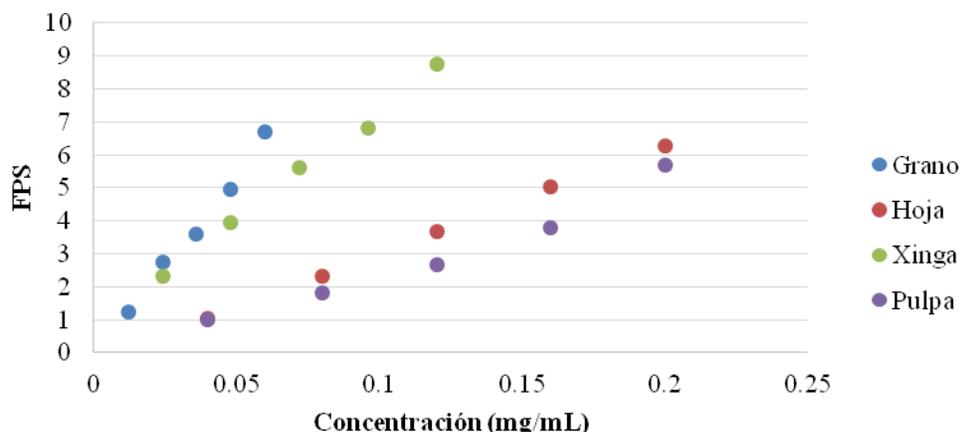


Figura 1. Factor de protección solar de extractos etanólicos de subproductos de café

Tabla 8

Fórmula cualitativa de crema fotoprotectora

Componentes	Función
Alcohol cetílico	Espesante y emulsionante
Emulgade	Emulsionante
Aceite mineral	Hidratante
Glicerina	Humectante
Propilenglicol	Emoliente, fijador de aroma, absorbente
Salicat	Preservante, antimicrobiano
Fragancia	Aroma
Extracto de subproducto de café	Principio activo
Etanol 30%	Solvente
Agua desmineralizada	Vehículo

Tabla 9

Fórmula cualitativa de gel

Componentes	Función
Carbopol	Viscosidad y gelificante
Glicerina	Humectante
Trietanolamina	Gelificante y modificador de pH
Propilenglicol	Emoliente, absorbente
Benzoato de sodio	Preservante
Extracto del subproducto	Principio activo
Etanol 50	Solvente
Agua desmineralizada	Vehículo

Tabla 10
Factor de protección solar en productos cosméticos

Subproducto	Extracto		Crema		Gel	
	[mg/mL]	FPS	[%]	FPS	[%]	FPS
Pulpa	0.2	5.70 (0.03)	1	---	1	---
			3	---	3	--
Xinga 1era	0.12	8.28 (0.03)	1	21.23	1	10.07
			3	---	3	---
Grano 4ta	0.06	7.71 (0.01)	1	10.05	1	8.36
			3	27.63	3	10.25
Hoja	0.1	6.28 (0.01)	1	9.89	1	3.40
			3	15.51	3	7.2

En la tabla 11 se muestran los resultados del estudio de estabilidad de la crema del grano de cuarta al 1%, evidenciándose que se mantienen las propiedades fisicoquímicas a lo largo del tiempo, se realizaron las evaluaciones cada 7 días en las formulaciones y no sufrieron cambios de color, apariencia, densidad, en cuanto al pH sufrió una leve disminución y un ligero aumento en la viscosidad pero sin alterar la formulación.

Tabla 11
Estudio de estabilidad de la crema a base de extractos de grano de cuarta de café al 1%

Tiempo	Color	Olor	Apariencia	Densidad (g/mL)	pH	Viscosidad (cP)
0	Papiro I1-02	Té verde	Emulsión homogénea	0.84(0.014)	8.28(0.01)	28120(0.07)
7 días	Papiro I1-02	Té verde	Emulsión homogénea	0.86(0.011)	8.15(0.01)	28240(0.63)
14 días	Papiro I1-02	Té verde	Emulsión homogénea	0.85(0.019)	7.04(0.01)	28350(0.49)
21 días	Papiro I1-02	Té verde	Emulsión homogénea	0.85(0.022)	7.05(0.01)	28460(0.75)
28 días	Papiro I1-02	Té verde	Emulsión homogénea	0.85(0.028)	7.09(0.01)	28490(0.85)

En la tabla 12 se muestran los resultados del estudio de estabilidad de la crema formulada en base al extracto de hoja de café al 1% y se evidenció una muy buena estabilidad a lo largo del tiempo no sufriendo alteraciones en color, olor, apariencia, en el caso de la densidad y viscosidad se presentó una leve disminución pero sin alterar las características de la crema.

Tabla 12

Estudio de estabilidad de la crema a base de extracto de hojas de café al 1%

Tiempo	Color	Olor	Apariencia	Densidad (g/mL)	pH	Viscosidad (cP)
0	Pátzauro T3-06	Té verde	Emulsión homogénea	0.90(0.02)	8.15(0.01)	27040(0.63)
7 días	Pátzauro T3-06	Té verde	Emulsión homogénea	0.89(0.03)	7.98(0.01)	26800(0.75)
14 días	Pátzauro T3-06	Té verde	Emulsión homogénea	0.88(0.02)	7.06(0.01)	26750(0.63)
21 días	Pátzauro T3-06	Té verde	Emulsión homogénea	0.89(0.02)	7.07(0.01)	26040(0.40)
28 días	Pátzauro T3-06	Té verde	Emulsión homogénea	0.87(0.03)	7.08(0.01)	26053(0.56)

En la tabla 13 se muestran los resultados de la estabilidad de la crema a base de xinga de café, evidenciándose al igual que en los otros subproductos que se mantiene la estabilidad en sus propiedades fisicoquímicas, la densidad y pH sufren una leve disminución y la viscosidad un ligero aumento, pero sin afectar sus características.

Tabla 13

Estudio de estabilidad de la crema a base de extracto de xinga de café al 1%

Tiempo	Color	Olor	Apariencia	Densidad (g/mL)	pH	Viscosidad (cP)
0	Alabastro H4-08	Vainilla	Emulsión homogénea	0.92(0.02)	7.98(0.03)	26200(0.63)
7 días	Alabastro H4-08	Vainilla	Emulsión homogénea	0.91(0.02)	7.76(0.01)	26320(0.63)
14 días	Alabastro H4-08	Vainilla	Emulsión homogénea	0.91(0.02)	7.05(0.01)	26640(0.63)
21 días	Alabastro H4-08	Vainilla	Emulsión homogénea	0.90(0.01)	7.04(0.01)	26410(0.49)
28 días	Alabastro H4-08	Vainilla	Emulsión homogénea	0.90(0.01)	7.05(0.01)	26501(0.99)

En la tabla 14 se muestra en control microbiológico de las cremas formuladas evidenciándose que todas cumplen con los límites establecidos y ninguna sobrepasa en bacterias aeróbicas ni hongos.

Tabla 14

Control microbiológico de cremas elaboradas con extractos de subproductos de café

Tiempo	Bacterias Aeróbicas			Hongos		
	Grano 4ta al 1%	Xinga al 1%	Hoja al 1%	Grano 4ta al 1%	Xinga al 1%	Hoja al 1%
0	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC
7 días	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC
14 días	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC
21 días	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC
28 días	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC	≥ 10 UFC

* UFC: Unidades Formadoras de Colonias en gramo de producto

En la figura 2 se muestra la variación del FPS respecto al tiempo, el cual evidencia que los productos a base de extracto de la xinga disminuye hasta un 40% su valor inicial, mientras que la hoja y el grano mantienen el FPS mostrando variación no mayores a 20%, lo cual evidencia mayor estabilidad.

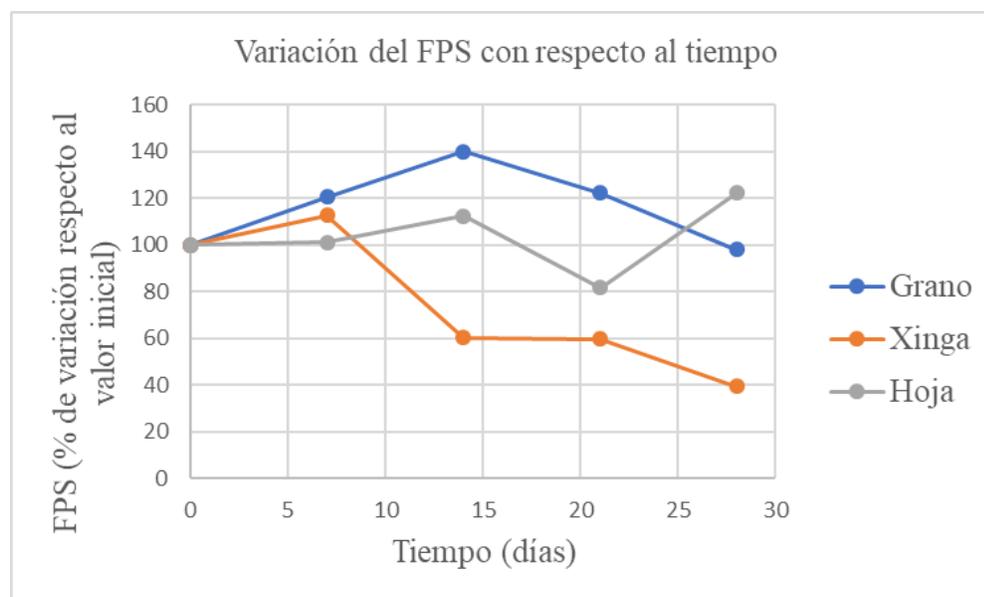


Figura 2

Evaluación de la estabilidad del factor de protección solar con respecto al tiempo

En la figura 3 se muestra la concentración del ácido clorogénico a lo largo del tiempo en los productos formulados, lo cual evidencia una disminución de la concentración en el grano de cuarta, mientras que en la hoja y la xinga se mantienen bastante estable, se muestra que la mayor concentración de ácido clorogénico se presenta en el grano de cuarta.

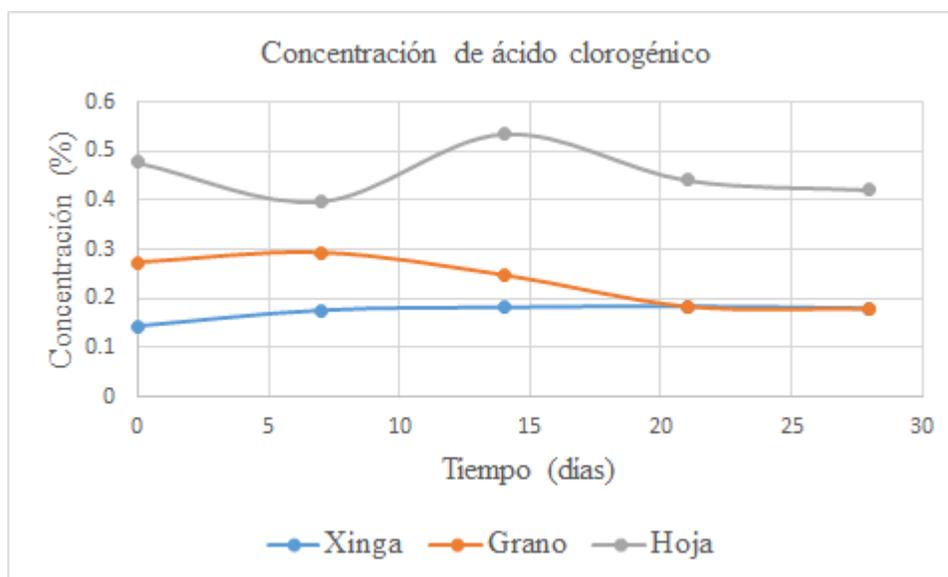


Figura 3

Determinación de la concentración de ácido clorogénico en las cremas en base a extractos de subproductos de café

En la figura 4 se observa la variación de ácido clorogénico a lo largo del tiempo presentado durante el estudio de estabilidad acelerada, lo cual evidencia la mayor variación en el grano, mientras que la xinga y hoja presentan mayor estabilidad de dicho marcador químico.

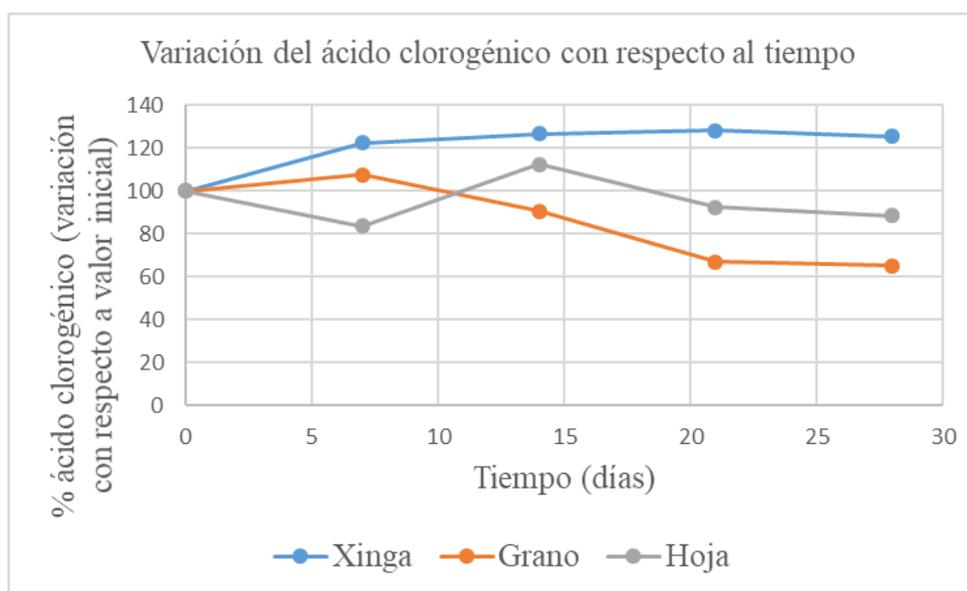


Figura 4

Estudio de estabilidad de las formulaciones respecto al porcentaje de variación de ácido clorogénico

16. Análisis y discusión de resultados:

La determinación de cenizas permite determinar la presencia de material inorgánico y metales en las muestras, observándose que la pulpa presentó la mayor cantidad de cenizas. Las cenizas se ha reportado para café verde de 4.8-5.8 % y para café tostado de 4.0-4.9 % (Oliveira, Franca, Mendonça, & Barros, 2005), evidenciándose que en la pulpa se concentra una gran cantidad de material inorgánico. La prueba de sólidos totales permite determinar la concentración alcohólica a la cual se debe realizar la extracción para obtener la mayor cantidad de sólidos, y de esta manera hacer más eficiente la extracción, lo cual demuestra la presencia de compuestos polares presentes dependiendo del grado alcohólico utilizado. Según los resultados obtenidos se observó la mejor extracción empleando etanol al 70 ° y al 30 ° lo cual evidencia la presencia de compuestos de alta polaridad y la mayor cantidad de sólidos se obtiene con la cáscara de café lo cual se refleja en el alto rendimiento de extracción, ya que se observó un rendimiento superior al 50% seguido del grano de cuarta el cual presentó un rendimiento del 30%, en un estudio anterior en el cual se evaluaron hojas y granos de diferentes regiones, en la región de Santa Rosa se determinó un porcentaje de rendimiento de 32 y 27% respectivamente, lo cual evidencia el potencial que puede representar los granos de cuarta para otras aplicaciones (Cruz, Pinales-Tóbar, Ramos-Medina, Marroquín & Cáceres, 2018).

El contenido de ácido clorogénico se ha analizado en varios estudios según la especie, variedad, origen geográfico, estado de desarrollo del fruto, proceso de beneficio, tostación y formas de preparación de bebida. Las mayores diferencias se han encontrado entre las especies silvestres de África, con promedio de ACG del 1.4% al 14.4% (suma de los tres isómeros) (Clifford, 1985; Ky et al., 2011).

En las almendras de las variedades comerciales de *C. arabica* se han registrado promedios de ACG del 5 al 8% (Balyaya & Clifford, 1995; Farah, de Paulis, Trugo, & Martin, 2005; Farah, de Paulis, Moreira, Trugo & Martin, 2006; Ohiokpehai, Brumen, & Clifford, 1982), en *C. canephora* del 6.6 al 12.3 % y en *C. liberica* del 7.6 al 14% (Anthony, Clifford, & Noirot 1993; Clifford, & Kazi, 1987; Ky et al., 2001). El ácido clorogénico es un factor importante que

determina el sabor del café y contribuye a la acidez final y amargor (Trugo & Macrae, 1984) además le confiere astringencia (Variyar et al., 2003).

El ácido clorogénico se ha reportado los beneficios a la salud incluyendo el control del estrés oxidativo, inflamación, envejecimiento y cáncer (Chen & Wu, 2014; Han, 2010; Wang et al., 2016). En este estudio se evidenció que la mayor cantidad de ácido clorogénico se concentra en los granos de cuarta (1.83%), presentándose en concentraciones bajas respecto a lo que se reporta en los granos de primera ya que en un estudio anterior con granos de café verde proveniente de Santa Rosa se determinó un porcentaje de 7%.

El contenido de fenoles totales demostró la mayor cantidad en los granos de cuarta (83.32 μg ácido gálico/g de extracto) y se evidenció una correlación de la actividad antioxidante con el contenido fenólico, que comparado con los granos de primera evaluados en el estudio anterior, los granos de primera presentan una concentración mayor (90.40 μg ácido gálico/g de extracto).

Para el café almendra se han presentado un contenido de cafeína del 0.09% al 3.3%, (Anthony, Clifford, & Noiro, 1993; Guyot, Petnga, & Vincent, 1988), Farah y colaboradores (2006) reportaron contenidos de cafeína en granos de café verde (0.96-1.23 %), Belay et al., (2008) reportó cafeína en granos provenientes de cuatro regiones del Sur de Etiopía (0.90-1.10 %), según los resultados obtenidos en el estudio anterior se presentaron en las siete regiones de Guatemala valores de cafeína (0.520-1.193 %), la región de Santa Rosa presentó 1.14 % para el grano de primera y 0.49 % para la hoja, en este estudio se evidenció que los granos de cuarta presentan la misma cantidad de cafeína que los granos de primera es decir se mantiene la concentración de cafeína y se evidencia una pérdida de los compuestos fenólicos.

El contenido total de carbohidratos de bajo peso molecular definido como mono y oligosacáridos en granos de café verde es relativamente bajo. Sucrosa es uno de los principales carbohidratos encontrados (9 % del peso seco). Bradbury (2001), describe la los contenidos de sucrosa de 5.0-8.5 % para granos de arábica y 2-5 % para robusta. Mediante análisis de cromatografía de intercambio iónico se ha detectado concentraciones promedio de 7.3 % en arábica y para robusta promedios de 4.5 %. El total de azúcares reductores es más alto en robusta

que en arábica. Glucosa y fructosa son los principales monosacáridos encontrados en arábica y robusta y sus contenidos pueden variar como consecuencia del manejo poscosecha, menores cantidades de galactosa, manosa, arabinosa y ramnosa han sido descritas en granos de café (Murkovic & Derler, 2006; Knopp, Bytof, & Selmar, 2006).

Se han reportado contenidos de polisacáridos solubles en agua de granos de café por diferentes métodos de poscosecha observándose porcentajes de 1.95-2.79 %. En este estudio se evidenció la mayor concentración de azúcares totales en la cáscara (10%) presentando como azúcar mayoritario la maltosa y galactosa. Diversos polisacáridos se han reportado en granos de café siendo estos fructosa (5 %), rafinosa (0.77 %), staquiosa (0.51 %), glucosa (2.95 %), galactosa + arabinosa + ramnosa y manosa (0.13 %), la sucrosa es uno de los principales carbohidratos de bajo peso molecular y arabinoglucanos de tipo II y galactomanano acetilado presentes en café verde, los carbohidratos juegan un papel importante en la generación de las características del aroma, sabor, color del café tostado, contribuyen al contenido de fibra en la dieta y pueden modular la respuesta celular inmune *in vitro* y los arabinoglucanos han presentado actividad antitumoral *in vivo* (de Oliveira, 2015).

La forma más extendida de evaluar la actividad antioxidante de una sustancia es mediante métodos *in vitro* espectrofotométricos. Los principales son ORAC, FRAP, TEAC y DPPH. El ensayo FRAP mide la capacidad de los antioxidantes para reducir el complejo férrico tripiridil triazina. Por su facilidad de operación, los ensayos DPPH y TEAC son los más extendidos, el ensayo DPPH se basa en la detección del radical cromógeno DPPH (Prior & Cao, 2000)

De todos los subproductos evaluados se evidenció la mayor actividad en los granos de cuarta lo cual mantiene una correlación con el contenido de ácido clorogénico presentado en dicha muestra, una alta concentración de ácido clorogénico es considerada como un constituyente que aporta a la actividad antioxidante ya que el ácido clorogénico puede atrapar radicales libres, metales y regular la expresión de enzimas antioxidantes (Liang, Xue, Kennepohl & Kitss, 2016). Se ha reportado actividad antioxidante de otros compuestos fenólicos como manguiferina, rutina, antocianinas, catequina, quercetina, kaempferol, ácido cafeico los cuales pueden contribuir a la actividad antioxidante (Dar et al., 2005, Yang, Guo, & Yuan, 2008; Chen, Ma & Kitss, 2018).

Patay y colaboradores (2018) compararon la composición fitoquímica de *C. benghalensis*, *C. arabica* y *C. liberica*, encontrando ácidos fenólicos como los principales constituyentes en todos los extractos, los trímeros de procianidinas se presentaron exclusivamente en hojas, en *C. benghalensis* detectaron como principales constituyentes ácido 5-cafeoilquínico y ácido 4-cafeoilquínico, flavan-3-ols fue detectado en pericarpios y hojas, mientras que el ácido 4-feruloilquínico fue descrito en semillas y los ácidos dicafeoilquínico solamente en semillas maduras, la manguiferina la detectaron en hojas, pericarpio maduro y semillas.

Teboukeu y colaboradores (2018) evaluaron varios métodos para optimizar la extracción de antioxidantes naturales en hojas de *C. robusta* encontrando que al utilizar disolventes como el metanol 80%, mediante una extracción con soxhlet a 53.70 °C, y durante 5.6 horas, obtuvieron valores de polifenoles totales de 127.06 mg de equivalentes de ácido gálico/g y una inhibición de radicales libres del 90.65%. El contenido de ácido cafeoilquínico en granos de café verde varía entre 3.59 y 3.91g/100 g (Monteiro & Farah, 2012) y 2.9 a 3.4 g/100 g (Mehari et al., 2016).

Se ha reportado que la pulpa de cereza de café es una fuente potencial de antioxidantes y compuestos fenólicos que no deben ser desperdiciados. La pulpa de la cereza y los granos de café contienen componentes similares (Martinez-Saez et al., 2014). La cascarilla de café o pergamino constituye el único subproducto del proceso de tostado que tras dicho tratamiento o bien se desecha o se utiliza como combustible o fertilizante (Machado, Rodriguez, Teixeira, & Mussatto, 2012). El pergamino suelto es un subproducto que representa alrededor del 4.5 o 5% del peso del fruto del café estudios señalan la presencia de compuestos fenólicos en extractos de la cascarilla de café tostado obtenidos usando un disolvente orgánico como el isopropanol y que presentan efectos en la reducción de las especies reactivas de oxígeno y los radicales libres y que podrían presentar actividad antimutagénica, anticarcinogénica, antiglicémica y antioxidante (Murthy & Naidu 2012).

Napolitano y colaboradores (2007) reportaron que el contenido de cafeína oscila entre 0.81% y 1.37%. Se han descrito otros compuestos bioactivos como ácido clorogénico, ácido caféico, ácido quínico y melanoidinas, entre otros con supuestos beneficios para la salud (Bresciani, Calani, Bruni, Bighenti, & Del Rio, 2014; Rodrigues et al., 2015; Sato et al., 2011). Diferentes grupos de investigación también han comprobado el contenido de antioxidantes de la

cascarilla de café (Borrelli, Esposito, Bresciani, Calani, Bruni, Grighenti, & Del Rio, 2014; Costa et al., 2014; Napolitano, Ritieni, & Fogliano, 2004; Narita & Inouye, 2012; Rodrigues et al., 2015). Recientemente, Iriondo-DeHond y colaboradores (2016) han mostrado resultados positivos utilizando el extracto de cascarilla de café para la protección del cuidado de la piel contra el estrés oxidativo y el envejecimiento acelerado inducido por la radiación UV, sin embargo en este estudio se evidenció un bajo rendimiento del extracto y una actividad antioxidante moderada respecto a los otros subproductos evaluados.

Los residuos de café contienen altas cantidades de ácido clorogénico y compuestos relacionados (ácidos cafeoilquínicos, ácidos feruloilquínicos, ácidos *p*-cumaroilquínicos y diésteres mixtos de ácidos cafeico y ferúlico con ácido quínico). Estos compuestos están bien descritos como poderosos antioxidantes. Además, también se han evaluado las actividades antitumorales, antiinflamatorias y antialérgicas *in vitro*, con propiedades antioxidantes prometedoras, probablemente debido a la presencia de compuestos fenólicos y ácido clorogénico en cantidades apreciables.

Según Murthy & Naidu (2012), las cáscaras representan alrededor del 12 % de la cereza sobre una base de peso seco. Este subproducto del café está compuesto principalmente por carbohidratos (58-85 %), seguido de azúcares reductores (14%), proteínas (8-11%), taninos (~5 %), minerales (3-7%), lípidos (0.5-3 %) y cafeína (~1 %). Diferentes autores han informado sobre la riqueza de los metabolitos secundarios, como la cafeína y los polifenoles en las cáscaras (Esquivel & Jiménez, 2012; Murthy & Naidu, 2012). De hecho, el ácido 5-O-cafeonilquínico es el principal compuesto fenólico, seguido de quercetin-3-O-rutinósido, quercetin-3-O-glucósido, quercetin-3-O-galactósido, (+)-catequina y (-)-epicatequina, dímeros, trímeros y tetrámeros de procianidina.

Los granos inmaduros o defectuosos representan alrededor del 20% de la producción total de café; estos se separan de los granos no defectuosos antes de la venta. Estos subproductos de café también pueden ser una buena fuente de cafeína. Los granos de café de baja, son granos de café defectuosos los cuales tienen aproximadamente un 1.7% de cafeína, mientras que el café de las plantas arábica y las cerezas de robusta tienen un 1.6% y un 2.4%, respectivamente (Mazzafera, 1999). Además, el café verde de baja calidad presenta un alto contenido de

compuesto fenólico total y ácido clorogénico. Estos granos se separan y se excluyen del procesamiento regular del café, ya que pueden conferir un sabor indeseable a la bebida. Por lo tanto, un cosmético obtenido de los granos defectuosos es una alternativa que se debe considerar para mejorar el valor agregado de este subproducto.

Actualmente, se han reportado estudios sobre formulaciones cosméticas y cosmeceúticas con extractos del fruto del café, que contiene ácido clorogénico (ACG), proantocianidinas condensadas y ácidos quínico y ferúlico, con resultados positivos para el cuidado de la piel (Esquivel & Jiménez, 2012). En este estudio se demostró que los granos de cuarta y xinga de café presentan a bajas concentraciones un buen factor de protección solar por lo que se desarrollaron cremas a base de xinga, granos de cuarta y hoja los cuales mostraron FPS superiores a 20 lo cual los hace promisorios en la industria cosméticas como protectores solares, por lo que este estudio puede representar un aporte en el aprovechamiento de los subproductos del café guatemalteco con una aplicación en la cosmética.

17. Conclusiones

- 17.1 Se desarrolló una formulación cosmética a base de subproductos de café la cual demostró actividad antioxidante y efecto fotoprotector el cual puede tener una aplicación cosmética.
- 17.2 El subproducto que presentó el mayor rendimiento de extracción fue el de cáscara de café (55%) empleando etanol al 70° lo cual demuestra la rentabilidad que podrían tener los extractos.
- 17.3 De los subproductos evaluados el grano de cuarta demostró la mayor actividad antioxidante lo cual está relacionado con su composición química ya que presentó la mayor cantidad de fenoles totales, ácido clorogénico y cafeína.
- 17.4 Se demostró diferencia entre la cáscara, granos de cuarta y xinga respecto a su actividad antioxidante, mientras que pulpa y pergamino no mostraron diferencias entre sí lo cual evidencia la potencialidad de los subproductos.
- 17.5 Se estableció como uno de los marcadores químicos el ácido clorogénico en los diferentes subproductos estableciéndose las concentraciones en cada extracto (0.1 - 2.5 %) y su variación a lo largo del tiempo lo cual evidenció la estabilidad en las formulaciones.

- 17.6 El grano de cuarta presentó a las más bajas concentraciones el factor de protección solar más alto lo cual se confirmó en los productos formulados evidenciando un potencial en la cosmética.
- 17.7 Se formularon productos cosméticos evidenciándose mayor estabilidad en cremas respecto a geles, las cuales presentaron un FPS arriba de 25 para el grano de cuarta.
- 17.8 Todos los subproductos presentaron potencialidad en la extracción, composición química, actividad antioxidante o como bloqueador solar los cuales puede aprovecharse y darle un manejo sostenible dentro de la cadena productiva del café.

18. Impacto esperado

Se diseñó una formulación fitocosmética a base de los extractos de subproductos de café, se establecieron los parámetros de calidad y se evaluó su estabilidad demostrando el potencial antioxidante y protector solar, ya que actualmente en Guatemala no existen productos a base de extractos de café y menos de un subproducto, el cual sólo se aprovecha en algunos casos como abono. Se detectaron los metabolitos secundarios estableciendo como marcador el ácido clorogénico, lo cual permite establecer el potencial de los distintos subproductos, se evidenció la rentabilidad que podrían tener los extractos por el rendimiento que presentaron en algunos casos superior al 50%.

El café constituye uno de los cultivos de mayor importancia en Guatemala y se ha visto afectado por diversas plagas y baja en los precios del mercado internacional, lo cual ha afectado a los productores, por lo que se espera promover dicha formulación para que pueda ser aprovechado por alguno de los sectores. El diseño de una formulación cosmética consolida la cadena productiva y la transferencia de tecnología, lo cual favorecerá el desarrollo de la fitocosmética y el aprovechamiento de los recursos naturales dándole un mejor aprovechamiento a los subproductos y mayor sostenibilidad ambiental.

19. Referencias

- Alfaro, M. R., & Rodríguez, J.J. (1994). Impacto ambiental del procesamiento del café en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 18(2), 217-225.
- Alvarez, A. M. R., & Rodríguez, M. L. G. (2000). Lipids in pharmaceutical and cosmetic preparations. *Grasas y Aceites*, 51(1-2), 74-96.
- Arellano-González, M. A., Ramírez-Coronel, M. A., Torres-Mancera, M. T., Pérez-Morales, G. G., Saucedo-Castañeda, G. (2011). Antioxidant activity of fermented and nonfermented coffee (*Coffea arabica*) pulp extracts. *Food Technology and Biotechnology*, 49(3), 374-378
- Athar, M., & Nasir, S. M. (2005). Taxonomic perspective of plant species yielding vegetable oils used in cosmetics and skin care products. *African Journal of Biotechnology*, 4(1), 36-44.
- Barbulova, A., Colucci, G., & Apone, F. (2015). New trends in cosmetics: by-products of plant origin and their potential use as cosmetic active ingredients. *Cosmetics*, 2(2), 82-92. doi:10.3390/cosmetics2020082.
- Borrelli, R. C., Esposito, F., Napolitano, A., Ritieni, A., & Fogliano, V. (2004). Characterization of a new potential functional ingredient: coffee silverskin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 1338-1343. doi:10.1021/jf034974x
- Braga, N., Rodrigues, F., & Oliveira, M. B. (2015). *Castanea sativa* by-products: a review on added value and sustainable application. *Natural Products Research*, 29, 1-18. doi: 10.1080/14786419.2014.955488.
- Bresciani, L., Calani, L., Bruni, R., Brighenti, F., & Del Rio, D. (2014). Phenolic composition, caffeine content and antioxidant capacity of coffee silverskin. *Food Research International*, 61, 196-201. doi:10.1016/j.foodres.2013.10.047
- Butt, S. T., & Christensen, T. (2000). Toxicity and phototoxicity of chemical sun filters, *Radiation Protection Dosimetry*, 91, 283-286, doi:10.1093/oxfordjournals.rpd.a033219
- Chiari, B. G., Trovatti, E., Pecoraro, É., Corrêa, M. A., Cicarelli, R. M. B., Ribeiro, S. J. L., & Isaac, V. L. B. (2014). Synergistic effect of green coffee oil and synthetic sunscreen for health care application. *Industrial Crops Products*, 52, 389-393. doi:10.1016/j.indcrop.2013.11.011
- Choi, I. S., Wi, S. G., Kim, S. B., & Bae, H. J. (2012). Conversion of coffee residue waste into bioethanol with using popping pretreatment. *Bioresource Technology*, 125, 132-137. doi: 10.1016/j.biortech.2012.08.080.
- Corro, G., Paniagua, L., Pal, U., Bañuelos, F., & Rosas, M. (2013). Generation of biogas from coffee-pulp and cow-dung co-digestion: Infrared studies of postcombustion emissions. *Energy Conversion Management*, 74, 471-481 doi:10.1016/j.enconman.2013.07.017.
- Costa, A. S. G., Alves, R. C., Vinha, A. F., Barreira, S. V. P., Nunes, M. A., Cunha, L. M., & Oliveira, M. B. P. P. (2014). Optimization of antioxidants extraction from coffee silverskin, a roasting by-product, having in view a sustainable process. *Industrial Crops and Products*, 53, 350-357. doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.01.006.

- Couto, R. M., Fernandes, J., da Silva, M. D. R. G., & Simões, P. C. (2009). Supercritical fluid extraction of lipids from spent coffee grounds. *Journal of Supercritical Fluids*, 51(2), 159-166. doi:10.1016/j.supflu.2009.09.009.
- de Assunção, L. S., da Luz, J. M., da Silva M de C., Vieira, P. A., Bazzolli, D. M., Vanetti, M. C., & Kasuya, M. C. (2012). Enrichment of mushrooms: an interesting strategy for the acquisition of lithium. *Food Chemistry*, 134, 1123-1127. doi:10.1016/j.foodchem.2012.03.044
- del Castillo, M. D., Fernandez-Gomez, B., Martinez-Saez, N., Iriundo-DeHond, A., Martirosyan, D. M., & Mesa, M. D. (2016). Coffee silverskin extract for aging and chronic diseases. In D. M. Martirosyan /Ed.) *Functional Foods for Chronic Diseases* (pp. 386-409). San Diego: Food Science Publisher
- Devasagayam, T. P. A., Tilak, J. C., Boloor, K. K., Sane, K. S., Ghaskadbi, S. S., & Lele, R. D. (2004). Free radicals and antioxidants in human health: Current status and future prospects. *Journal of Association of Physicians of India*, 52, 794-804
- Esquivel, P., & Jiménez, V. M. (2012). Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International*, 46(2), 488-495. 10.1016/j.foodres.2011.05.028.
- Farah, A. (2009). Coffee as specialty and functional beverage. In P. Paquin (Ed.), *Functional and Specialty Beverage Technology* (pp 370–390). Boca Raton: CRC Press.
- Fattorusso, E., & Scafati, O. T. (2008). *Modern Alkaloids. Structure, Isolation, Synthesis and Biology*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Fonseca, L., Calderón, L. S., & Rivera, M. E. (2014). Capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales en café y subproductos del café producido y comercializado en Norte de Santander (Colombia). *Vitae*, 21(3), 228-236.
- Galanakis, C. (Ed.). (2017). *Handbook of Coffee Processing by-Products*. Boca Raton: Academic Press.
- Gregoris, E., Fabris, S., Bertelle, M., Grassato, L., & Stevanato, R. (2011). Propolis as potential cosmeceutical sunscreen agent for its combined photoprotective and antioxidant properties..*International Journal of Pharmaceutics*, 405(1-2), 97-101. doi:10.1016/j.ijpharm.2011.11.052
- ICO. (2014). International Coffee Organization. Available at: <http://www.ico.org>
- Iriundo-DeHond, A., Martorell, P., Genovés, S., Ramón, D., Stamatakis, K., Fresno, M., ... del Castillo, M. (2016). Coffee silverskin extract protects against accelerated aging caused by oxidative agents. *Molecules*, 21(6), 721. doi:[10.3390/molecules21060721](https://doi.org/10.3390/molecules21060721)
- Iwai, K., Kishimoto, N., Kakino, Y., Mochida, K., & Fujita, T. (2004). In vitro antioxidative effects and tyrosinase inhibitory activities of seven hydroxycinnamoyl derivatives in green coffee beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(15), 4893-4898. doi:10.1021/jf040048m
- Jiménez-Zamora, A., Pastoriza, S., & Rufián-Henares, J. A. (2015). Revalorization of coffee by-products. Prebiotic, antimicrobial and antioxidant properties. *LWT-Food Science Technology*, 61(1), 12-18. doi:[10.1016/j.lwt.2014.11.031](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.031)

- Jung, K., Everson, R. J. C., Joshi, B., Bulsara, P. A., Upasani, R., & Clarke, M. J. (2016). Structural- functional relationship of phenolic antioxidants in topical skin health products. *International Journal Cosmetic. Science*, 39(2), 217–223. doi: 10.1111/ics.12367.
- Kosem, N., Han, Y. H., & Moongkarndi, P. (2007) Antioxidant and cytoprotective activities of methanolic extract from *Garcinia mangostana* hulls. *Science Asia* 33, 283-292. doi: 10.2306/scienceasia1513-1874.2007.33.283.
- Machado, E. M., Rodriguez-Jasso, R. M., Teixeira, J. A., & Mussatto, S. I. (2012). Growth of fungal strains on coffee industry residues with removal of polyphenolic compounds. *Biochemical Engineering Journal*, 60, 87-90. doi.org/10.1016/j.bej.2011.10.007
- Martinez-Saez, N., Ullate, M., Martin-Cabrejas, M. A., Martorell, P., Genovés, S., Ramon, D., & del Castillo, M. D. (2014). A novel antioxidant beverage for body weight control based on coffee silverskin. *Food Chemistry*, 150, 227-234. doi:10.1016/j.foodchem.2013.10.100.
- Marto, J., Gouveia, L. F., Chiari, B. G., Paiva, A., Isaac, V., Pinto, P., ...Ribeiro, H. M. (2016). The green generation of sunscreens: using coffee industrial subproducts. *Industrial Crops Products*, 80, 93-100. doi:10.1016/j.indcrop.2015.11.033
- Matsui, M. S., Hsia, A., Miller, J. D., Hanneman, K., Scull, H., Cooper, K. D., & Baron, E. (2009). Non sunscreen photoprotection: antioxidants add value to a sunscreen. *Journal of Investigative Dermatology Symposium Proceedings*, 14, 56-59. doi:10.1038/jidsymp.2009.
- Mazzafera, P. (1999). Chemical composition of defective coffee beans. *Food Chemistry*, 64(4), 547-554. doi:10.1016/S0308-8146(98)00167-8
- Monente, C., Ludwig, I. A., Irigoyen, A., de Peña, M. P., & Cid, C. (2015). Assessment of total (free and bound) phenolic compounds in spent coffee extracts. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 63, 4327–4334. doi: 10.1021/acs.jafc.5b01619
- Monteiro, M. C., & Farah, A. (2012). Chlorogenic acids in Brazilian *Coffea arabica* cultivars from various consecutive crops. *Food Chemistry*, 134, 611-614. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.02.118
- Murthy, P. S., & Madhava, M. (2012). Recovery of phenolic antioxidants and functional compounds from coffee industry by-products. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 897-903. doi: 10.1007/s11947-010-0363-z.
- Murthy, P.S., & Naidu, M.M. (2012). Sustainable management of coffee industry by-products and value addition A review. *Resources Conservation and Recycling*, 66, 45-58. doi: 10.1016/j.resconrec.2012.06.005
- Mussatto, S. I., Carneiro, L. M., Silva, J. P. A., Roberto, I. C., & Teixeira, J. A. (2011b). A study on chemical constituents and sugars extraction from spent coffee grounds. *Carbohydrate Polymers*, 83, 368–374. doi:10.1016/j.carbpol.2010.07.063
- Mussatto, S. I., Machado, E. M. S., Martins, S., & Teixeira, J. A. (2011). Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food and Bioprocess Technology*, 4, 661–672. doi:10.1007/s11947-011-0565-z

- Naidu, M. M., Sulochanamma, G., Sampathu, S. R., & Srinivas, P. (2008). Studies on extraction and antioxidant potential of green coffee. *Food Chemistry*, *107*(1), 377-384. doi:10.1016/j.foodchem.2007.08.056
- Napolitano, A., Fogliano, V., Tafuri, A., & Ritieni, A. (2007). Natural occurrence of Ochratoxin A and antioxidant activities of green and roasted coffees and corresponding byproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *55*(25), 10499-10504. doi: 10.1021/jf071959.
- Narita, Y., & Inouye, K., (2012). High antioxidant activity of coffee silverskin extracts obtained by the treatment of coffee silverskin with subcritical water. *Food Chemistry*, *135*(3), 943-949. doi:10.1016/j.foodchem.2012.05.078.
- Nichols, J.A., & Katiyar, S.K. (2010). Skin photoprotection by natural polyphenols: anti-inflammatory, antioxidant and DNA repair mechanisms. *Archives of Dermatological Research*, *302*(2), 71-83. doi:10.1007/s00403-009-1001-3.
- Pandey, A., Soccol, C. R., Nigam, P., Brand, D., Mohan, R., & Roussos, S. (2000). Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. *Biochemical Engineering Journal*, *6*(2), 153–162. doi:10.1016/S1369-703X(00)00084-X
- Pereda, M. C., Dieamant, G., Eberlin, S., Nogueira, C., Colombi, D., Di Stasi, L. C., & de Souza, M. L (2009). Effect of green *Coffea arabica* L. seed oil on extracellular matrix components and water-channel expression in in vitro and ex vivo human skin models. *Journal of Cosmetic Dermatology*, *8*, 56-62. doi: 10.1111/j.1473-2165.2009.00425.x.
- Puertas-Mejía, M. A., Villegas-Guzmán, P., & Rojano, B. A. (2013). Borra del café colombiano (*Coffea arabica*) como fuente potencial de sustancias con capacidad antirradicales libres in vitro. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, *18*(3), 469-478.
- Rodrigues, F., Palmeira-de-Oliveira, A., das Neves, J., Sarmiento, B., Amaral, M.H., & Oliveira, M. B., 2015a. Coffee silverskin: a possible valuable cosmetic ingredient. *Pharmaceutical Biology*, *53*, 386-394. doi: 10.3109/13990209.2014.922589
- Rodrigues, F., Pereira, C., Pimentel, F. B., Alves, R. C., Ferreira, M., Sarmiento, B., ... Oliveira, M. B. P. P., (2015b). Are coffee silverskin extracts safe for topical use? An in vitro and in vivo approach. *Industrial Crops Products* *63*, 167-174. doi:10.1016/j.indcrop.2014.10.014
- Saenger, M., Hartge, E. U., Werther, J., Ogada, T., & Siagi, Z. (2001). Combustion of coffee husks. *Renewable Energy*, *23*(1), 103-121. doi:10.1016/S0960-1481(00)00106-3.
- Sato, Y., Itagaki, S., Kurokawa, T., Ogura, J., Kobayashi, M., Hirano, T., ... Iseki, K. (2011). In vitro and in vivo antioxidant properties of chlorogenic acid and caffeic acid. *International Journal of Pharmacy*, *403*, 136-138. doi: 10.1016/j.ijpharm.2010.09.035.
- Savian, A. L., Varella, F. T., Athayde, M. L., & Silva, C. D. B. (2011). Desenvolvimento e avaliação preliminar da estabilidade de emulsão não-iônica O/A contendo óleo de café verde como potencializador de fator de proteção solar, *Revista Brasileira de Farmácia*, *91*, 82-88.
- Scalbert, A., Johnson, I. T., & Saltmarsh, M. (2005). Polyphenols: antioxidants and beyond. *American Journal of Clinical Nutrition*, *81*(1), 215S–217S.

- Solís, L., & Herrera, C. (2005). Desarrollo de un método de análisis para la cuantificación de ácidos clorogénicos en café. *Agronomía Costarricense*, 29(2), 99-107.
- Tesfaye, K., Govers, K., Bekele, E., & Borsch, B. (2013). ISSR fingerprinting of *Coffea arabica* throughout Ethiopia reveals high variability in wild populations and distinguishes them from landraces. *Plant Systematic Evolution*, 300(5), 881-897. doi: 10.5897/AJB2016.15601
- Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, 111 (4), 816-823.
- Valencia, N. R., & Zambrano-Franco, D. A. (2010). Los subproductos del café: fuente de energía renovable. Chinchiná, Colombia: Cenicafé.
- Velasco, M. V. R., Sarruf, F. D., Salgado-Santos, I. M. N., Haroutiounian-Filho, C. A., Kaneko, T. M., & Baby, A. R. (2008). Broad spectrum bioactive sunscreens. *International Journal of Pharmaceutics*, 363(1-2), 50-57. doi:10.1016/j.ijpharm.2008.06.031
- Wagemaker, T. A. L., Carvalho, C. R. L., Maia, N. B., Baggio, S. R., & Guerreiro Filho, O., (2011). Sun protection factor, content and composition of lipid fraction of green coffee beans. *Industrial Crops Products*, 33, 469-473. doi: 10.1016/j.indcrop.2010.10.026
- Wagemaker, T. A. L., Fernandes, A.S., Campos, P. M. Rodrigues L. M. & Rijo, P. (2012). Evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of green coffee oil in cosmetic formulations, *Biomedical Biopharmaceutical Research*, 9, 207–214.

Listado de los integrantes del equipo de investigación

Contratados por contraparte y colaboradores

Nombre	Firma
Sully Margot Cruz	
Armando Cáceres	

Contratados por la Dirección General de Investigación

Nombre	Categoría	Registro de Personal	Pago		Firma
			SI	NO	
María Nereida Marroquín Tínti	Titular II	20110171	x		
Mónica Michelle Ramos Medina	Auxiliar de investigación I	20180665	x		
Silvia Alejandra Pinales Tobar	Auxiliar de investigación I	20180709	x		

Guatemala 29 de enero de 2020

Dra. Sully Margot Cruz Velásquez
Coordinadora de Proyecto de Investigación

Dra. Hilda Valencia de Abril
Programa Universitario de Investigación en Salud

Ing Agr. Rufino Salazar
Coordinador General de Programas